



научный рецензируемый журнал

• ВЕСТНИК

СИБАДИ •

“Vestnik SibADI”

ISSN 2071-7296 (Print)

№ 4-5 (56-57) 2017 г.

наука  
science

creation  
творчество

образование  
education

innovations  
инновации

technology  
технологии

tradition  
традиции

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный  
университет (СибАДИ)»

# **ВЕСТНИК СИБАДИ**

**Выпуск 4-5 (56-57)**

**Омск, 2017**

Главный редактор **Жигадло А.П.**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., член-кор. АВН, ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Editor-in-Chief, **Zhigadlo A.P.**, Doctor of Pedagogics, Doctor of Science, Associate Professor, Corresponding Member of Academy of Military Science, Rector of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### *Транспортное, горное и строительное машиностроение*

**Галдин Н.С.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Корытов М.С.**, д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

### *Транспорт*

**Певнев Н.Г.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Витвицкий Е.Е.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

### *Строительство и архитектура*

**Сиротюк В.В.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Чулкова И.Л.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

### *Информатика, вычислительная техника и управление*

**Чуканов С.Н.**, д-р тех. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Мещеряков В.А.**, д-техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

### *Экономические науки*

**Мочалин С.М.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Хаирова С.М.**, д-р экон. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

## EDITORIAL BOARD

### *Transport, mining and mechanical engineering*

**Galdin N.S.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Korytov N.S.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

### *Transport*

**Pevnev N.G.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Vitvitskiy E.E.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

### *Construction and architecture*

**Sirotyuk V.V.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Chulkova I.L.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

### *Informatics, Computer Science and Management*

**Chukanov S.N.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Meshcheryakov V.A.**, Doctor of Science, Associate Professor, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

### *Economics*

**Mochalin S.M.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Khairova S.M.**, Doctor of Economics, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Корчагин П.А.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Щербakov В.С.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Ваклав Скала**, профессор University of West Bohemia, г. Пльзень, Чехия

**Винников Ю.Л.**, д-р техн. наук, проф., Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина

**Горынин Г.Л.**, д-р физ.-мат. наук, проф., ФГБОУ ВО «СурГУХМАО-ЮГРЫ», г. Сургут, Россия

**Жусупбеков А.Ж.**, д-р техн. наук, проф., член-кор. Национальной инженерной академии Республики Казахстан, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

**Карпов В.В.**, д-р экон. наук, проф., Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Омск, Россия

**Немировский Ю.В.**, д-р физ.-мат. наук, проф. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия

**Подшивалов В.П.**, д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

**Хмара Л.А.**, д-р техн. наук, проф., Приднепровская государственная академия Строительства и Архитектуры, г. Днепрпетровск, Украина

**Эдвин Козневски**, д-р техн. наук, проф., г. Белосток, Польша

**Боброва Т.В.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

## MAIN EDITORIAL BOARD

**Korchagin P. A.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Shcherbakov V.S.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Václav Skala**, Professor of University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic

**Vinnikov Yu. L.**, Doctor of Science, Poltava National Technical University by Yuri Kondratyuk, Poltava, Ukraine

**Gorynin G. L.**, Doctor of Phys.-Math. of Sciences, prof., of "SurGUHMAO-Yugra", Surgut, Russia

**Zhusupbekov A.Zh.**, Dr. Tech. Sciences, Prof., Corresponding Member of National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, ENU by L.N. Gumilev, Astana, Kazakhstan

**Karpov V.V.**, Dr. of Econ. , Professor, Omsk Branch of the Federal State Educational Establishment of Finance of the Russian Federation "Financial University under the Government of the Russian Federation", Omsk, Russia

**Nemirovsky Yu.V.**, Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. Federal State Budgetary Institution of Science "The Institute of Theoretical and Applied Mechanics by S.A. Khristianovich" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Podshivalov V.P.**, Dr. Tech. , Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

**Khmara L.A.**, Dr. Tech. , Professor, Pridneprovskaya State Academy of Construction and Architecture, Dnepropetrovsk, Ukraine

**Edwin Koźniewski**, Dr. Tech. of Sciences, Prof., Białystok, Poland

**Bobrova T.V.**, Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

**Леонович С.Н.**, д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь  
**Гумаров Г.С.**, д-р техн. наук, проф., член-кор. Российской Академии Естествознания, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан  
**Шаршембиев Ж.С.**, д-р техн. наук, проф., Кыргызский Национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина, г. Бишкек, Киргизская Республика  
**Якунин Н.Н.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия  
**Ефименко В.Н.**, д-р техн. наук, проф., Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия  
**Якунина Н.В.**, д-р техн. наук, доц., проф., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия  
**Куршакова Н.Б.**, д-р экон. наук, проф., ОмГУПС (ОМИИТ), г. Омск, Россия  
**Корнеев С.В.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия  
**Миллер А.Е.**, д-р экон. наук, проф., ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», г. Омск, Россия  
**Романенко Е.В.**, канд. экон. наук, доц., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия  
**Хомченко В.Г.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия  
**Боровик В.С.**, д-р техн. наук, проф., Волгоградский научно-технический центр, г. Волгоград, Россия  
**Коротаев Д.Н.**, д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия  
**Лесовик В.С.**, д-р техн. наук, проф., член-кор. РААСН, БГТУ им. Шухова, г. Белгород, Россия  
**Савельев С.В.**, д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия  
**Корягин М.Е.**, д-р техн. наук, доц., ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, Россия  
**Рассоха В.И.**, д-р техн. наук, доц., проф., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия  
**Кондратенко А.С.**, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», ИГД СО РАН, г. Новосибирск, Россия  
**Маткеримов Т.Ы.**, д-р техн. наук, проф., КГТУ им. И. Раззакова, г. Бишкек, Киргизская Республика  
**Курганов В.М.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь, Россия  
**Матвеев С.А.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Leonovich S.N.**, Dr. Tech. , Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus  
**Gumarov G.S.**, Dr. Tech. Sciences, prof., member-cor. Russian Academy of Natural History, Eurasian National University. L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan  
**Sharshembiev Zh.S.**, Dr. Tech. Sciences, prof., Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin, Bishkek, Kyrgyz Republic  
**Yakunin N.N.**, Dr. Tech. of Sciences, prof., FGBOU VO "Orenburg State University", Orenburg, Russia  
**Efimenko V.N.**, Dr. Tech. , Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia  
**Yakunina N.V.**, Dr. Tech. Sci., Assoc., Prof., FGBOU VO "Orenburg State University", Orenburg, Russia  
**Kurshakova N.B.**, Dr. Econ. of Sciences, Professor, OmGUPS (Omit), Omsk, Russia  
**Korneev S.V.**, Dr. Tech. of Sciences, prof., FGBOU V Omsk State Technical University, Omsk, Russia  
**Miller A.E.**, Dr. Econ. Sciences, prof., FGBOU VO "Omsk State University. F.M. Dostoevsky », Omsk, Russia  
**Romanenko E.V.**, Cand. econ. in Science, Assoc., FGBOU V SibADI, Omsk, Russia  
**Khomchenko V.G.**, Dr. Tech. of Sciences, prof., FGBOU V Omsk State Technical University, Omsk, Russia  
**Borovik V.S.**, Dr. Tech. Sci., Professor, Volgograd Science and Technology Center, Volgograd, Russia  
**Korotaev D.N.**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof. FGBOU IN SIBADI, Omsk, Russia  
**Lesovik V.S.**, Dr. Tech. Sciences, prof., member-cor. RAASN, BSTU them. Shukhova, Belgorod, Russia  
**Saveliev S.V.**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof. FGBOU IN SIBADI, Omsk, Russia  
**Koryagin M.E.**, Dr. Tech. , Associate Professor, FGBOUVO "Siberian State Transport University", Novosibirsk, Russia  
**Rassokha V.I.**, Dr. Tech. Sci., Assoc., Prof., FGBOU VO "Orenburg State University", Orenburg, Russia  
**Kondratenko A.S.**, Cand. tech. FGBOU VO "Siberian State University of Railway Transport (SGUPS)", IGD SB RAS, Novosibirsk, Russia  
**Matkerimov T.I.**, Dr. Tech. Sciences, prof., KSTU them. I. Razzakova, Bishkek, Kyrgyz Republic  
**Kurganov V.M.**, Dr. Tech. , Professor, FGBOU VO "Tver State University", Tver, Russia  
**Matveev S.A.**, Dr. Tech. of Sciences, prof., FGBOU V SibADI, Omsk, Russia

Адрес издателя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Тел. +7 (3812) 65-23-45;  
 режим доступа: [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org); e-mail: [vestnik\\_sibadi@sibadi.org](mailto:vestnik_sibadi@sibadi.org)

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ». Адрес учредителя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-70364 от 13 июля 2017 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в перечень ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК решением президиума ВАК от 25.02.2011 г.; с 01.12.2015 г. включен в новый список в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793. С 2009 года представлен в научной электронной библиотеке eLIBRARY. RU и включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Входит в международный каталог Ulrich's International Periodicals Directory. Подписной индекс 66000 в каталоге агентства "РОСПЕЧАТЬ. С 2017 г. всем номерам и статьям журнала присваиваются идентификаторы цифровых объектов (DOI), данные о которых размещены в электронной версии на сайте [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org). Редакционный блок осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Подписано в печать 31.07.2017 г. Дата выхода в свет 15.09.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial. Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 23,75 Тираж 500 экз. Заказ 500 экземпляров. Отпечатано в типографии ИПК ФГБОУ ВО «СибАДИ» 644080, г. Омск, пр. Мира, 5.

Статьи воспроизведены в аутентичной редакции.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017



### РАЗДЕЛ I.

#### ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

*В.С. Щербаков, Ю.Е. Ионова*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА..... 8

### РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

*Э.Р. Айтбагина, Е.Е. Витвицкий*

ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ГРУППЫ АВТОМОБИЛЕЙ  
ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ ГРУЗОТПРАВИТЕЛЕМ ..... 14

*Н.Г. Певнев, А.В. Залознов*

ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ НЕСТАЦИОНАРНОГО  
ПРОЦЕССА НАГРЕВА КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ..... 25

*С.В. Корнеев, С.В. Пашукевич, А.О. Тришкин, Р.В. Буравкин*

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ  
БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ..... 36

*Н.Г. Певнев; В.В. Пономарчук*

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДОСодержащей ДОБАВКИ К ОСНОВНОМУ МОТОРНОМУ ТОПЛИВУ  
НА ИНДИКАТОРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО  
ДВИГАТЕЛЯ..... 42

*Е.С. Федосеев, Е.Е. Витвицкий*

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПОД ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫМИ РАБОТАМИ НА  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕВОЗОК  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ..... 47

*А. Ю. Харабаджи*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛОВ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НА ДЛИНУ ОЧЕРЕДИ НА СМЕЖНЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ ..... 61

### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

*Т.В. Боброва, А.А. Дубенков*

КАЛЕНДАРНО-СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ  
В СРЕДЕ MSPROJECT ..... 68

*С.С. Иноземцев, Е.В. Королев*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА НА СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМОГО НА ЕГО  
ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ..... 77

*А.А. Комлев, С.А. Макеев, Ю.В. Краснощеков*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ  
ПОВЕРХНОСТЬЮ В МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ ..... 85

*А.А. Комлев, С.А. Макеев*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА  
АРОЧНОЙ ФОРМЫ ПОД МОНТАЖНЫМИ НАГРУЗКАМИ В ПЕРЕКРЫТИЯХ  
НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ ..... 92

*Т.А. Копылова*

КОНЦЕПЦИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ  
УЗЛОВ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ..... 101

*Ю.В. Краснощеков*

ЖИВУЧЕСТЬ ЗДАНИЙ СО СБОРНЫМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ ..... 107

*М. А. Кривошеин*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ  
ЗДАНИЙ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ УДАЛЕНИЕМ ВОЗДУХА..... 116

*М.В. Максимова, О.Г. Немцева*

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ  
В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА ..... 126

*В.С. Воробьев, А.С. Синицына*

СОСТОЯНИЕ ЖИЛОГО ФОНДА И ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ  
В ГОРОДЕ НОВОСИБИРСКЕ ..... 134

**РАЗДЕЛ IV.  
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ***Е.В. Печатнова*

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СУТОЧНОЙ<br>ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ..... | 145 |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|

**РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ***А.А. Гибадуллин*

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЕВРАЗИЙСКОГО<br>ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ..... | 152 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*М. А. Зоткина*

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| УСЛОВИЯ УЧАСТИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕНДЕРНЫХ ПРОЦЕДУРАХ .... | 159 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|

*Л.В. Тюкина*

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ТРУДОДЕФИЦИТА .... | 165 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|

*Л.В. Тюкина*

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЗНАЧЕНИЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗВИТИИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ<br>РОССИИ С КАЗАХСТАНОМ ..... | 176 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## CONTENTS

---

### PART I. TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

*V. S. Sherbakov, Yu.E. Ionova*

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| IMPROVING THE HYDRAULIC DRIVE OF THE MOTOR GRADER ..... | 13 |
|---------------------------------------------------------|----|

### PART II. TRANSPORT

*E.R. Aytbagina, E.E. Vitvitskiy*

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| THE INFLUENCE OF THE DISTANCE ON THE RESULTS OF THE WORK GROUP<br>OF VEHICLES FOR THE CARGO TRANSPORTATION BY THE SUPPLIER ..... | 23 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*D N.G. Pevnev, A.V. Zaloznov*

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| DESCRIPTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATION OF THE TIME<br>OF NONSTATION HEATING PROCESS OF CATALYTIC NEUTRALIZER OF WASTE GASES ..... | 35 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*S. V. Korneev, S. V. Pashkevich, A. O. Trishkin, R.V. Buravkin*

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| CHANGING CHARACTERISTICS OF MOTOR OILS IN GAS ENGINES OF GREAT POWER ..... | 41 |
|----------------------------------------------------------------------------|----|

*N.G. Pevnev, V.V. Ponamarchuk*

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INFLUENCE OF HYDROGEN ADDITIVE TO FUEL, ON INDICATOR AND EFFECTIVE<br>PARAMETERS OF AUTOMOBILE ICE ..... | 46 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*E.S. Fedoseenkova, E.E. Vitvitskiy*

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| THE INFLUENCE OF TIME LOADING AND UNLOADING ON FUNCTIONING OF COMPLEXES<br>OF SMALL AUTOTRANSPORT SYSTEMS CARGO TRANSPORTATION BY TRANSPORT<br>OF COMMON USE ..... | 60 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*A. Y. Harabadji*

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| THE INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TRAFFIC LIGHTS CYCLE DURATION<br>ON THE CROSSROAD TRANSPORT SITUATION (BY THE EXAMPLE OF TULA) ..... | 67 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### PART III. CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

*T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov*

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| CALENDAR-NETWORK PLANNING OF CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS<br>IN THE MEDIUM OF MS PROJECT ..... | 75 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*S.S. Inozemtsev, E.V. Korolev*

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE DEGREE OF HYDRATION OF CEMENT<br>ON THE PROPERTIES OF THE MINERAL FILLER FOR ASPHALT CONCRETE ..... | 83 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*A.A. Komlev, S.A. Makeev, Y.V. Krasnoshchekov*

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| THE USE OF PRECAST-MONOLITHIC SLABS WITH THE LOWER VAULTED SURFACE<br>IS SLIGHTLY DEEPEMED IN UNDERGROUND PEDESTRIAN CROSSINGS ..... | 90 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*A.A. Komlev, S.A. Makeev*

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| EXPERIMENTAL STUDIES OF PROFILED FLOORING ARCHED UNDER CONSTRUCTION<br>LOADS IN THE SLABS WITH LOWER VAULTED SURFACE SUBWAYS ..... | 100 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*T.A. Kopylova*

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CONCEPTION OF LEVEL OF SERVICE OF PUBLIC INTERMODAL TRANSPORT JUNCTIONS ..... | 106 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Yu.V. Krasnoshchekov*

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| LIVING BUILDINGS WITH STONE REINFORCED CONCRETE FLOORS ..... | 114 |
|--------------------------------------------------------------|-----|

*M. A. Krivoshein*

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FORECASTING THE WORK OF VENTILATION SYSTEMS OF RESIDENTIAL MULTI-APARTMENT<br>BUILDINGS WITH DECENTRALIZED MECHANICAL AIR DELIVERY ..... | 126 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*M.V. Mahimova, O.G. Nemtseva*

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| DESIGN FEATURES OF BUILDINGS IN HOT CLIMATES ..... | 133 |
|----------------------------------------------------|-----|

*V.S. Vorob'ev, A.S. Sinicyna*

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| STATE HOUSING AND CAUSES DEFORMATION OF BUILDINGS IN THE CITY OF NOVOSIBIRSK .. | 143 |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|

**PART IV. COMPUTER SCIENCE,  
COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT**

*E. Pechatnova*

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| MATHEMATICAL MODELING OF CHANGES DAILY TRAFFIC VOLUME ..... | 150 |
|-------------------------------------------------------------|-----|

**PART V. ECONOMICS**

*A. Gibadullin*

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CONCEPTUAL DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY<br>OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION ..... | 157 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*M.A. Zotkina*

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CONDITIONS OF PARTICIPATION OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES IN TENDER<br>PROCEDURES ..... | 164 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*L.V. Tyukina*

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| STAFFING OF THE LOGISTICS SYSTEM IN CONDITIONS OF TRADEDEFICIT ..... | 174 |
|----------------------------------------------------------------------|-----|

*L.V. Tyukina*

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| THE VALUE OF THE OMSK REGION IN THE DEVELOPMENT OF FOREIGN ECONOMIC<br>RELATIONS OF RUSSIA WITH KAZAKHSTAN..... | 186 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

# РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 681.587.34:621.878.25

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА

В.С. Щербаков<sup>1</sup>, Ю.Е. Ионова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены зависимости поворота передних управляемых колес и складывания шарнирно-сочлененной рамы от хода штоков гидроцилиндров. Предложен механизм синхронизации поворота передних управляемых колес и складывания шарнирно-сочлененной рамы. Получен гидравлический коэффициент пропорциональности между рабочими объемами гидроцилиндров отрицательной обратной связи и площадями гидроцилиндров поворота колес и складывания шарнирно-сочлененной рамы. Приведен алгоритм ведения автогрейдера по заданной траектории.

**Ключевые слова:** автогрейдер, гидропривод рулевого управления, исполнительный гидроцилиндр, алгоритм, поворот колес, следование по траектории.

### ВВЕДЕНИЕ

Немаловажным фактором при проведении строительных работ является маневренность автогрейдера. Изменение направления движения путем поворота передних управляемых колес осуществляется за счет использования гидравлического рулевого механизма (ГРМ). Синхронизация поворота передних управляемых колес и складывания шарнирно-сочлененной рамы (ШСР) автогрейдера позволит улучшить маневренность машины и повысить ее конкурентоспособность на мировом рынке.

### ПОВОРОТ ПЕРЕДНИХ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС

Посредством рулевой трапеции и системы тяг при появлении управляющего воздействия от рулевого колеса происходит поворот передних управляемых колес. Максимальный угол

поворота передних колес составляет  $\leq 45^\circ$ . На рисунке 1 представлена кинематическая схема поворота передних управляемых колес с гидроцилиндром поворота колес. Положительным направлением угла  $\tau$  будет поворот колес вправо, угол  $-\tau$  – угол поворота колес влево [1,2].

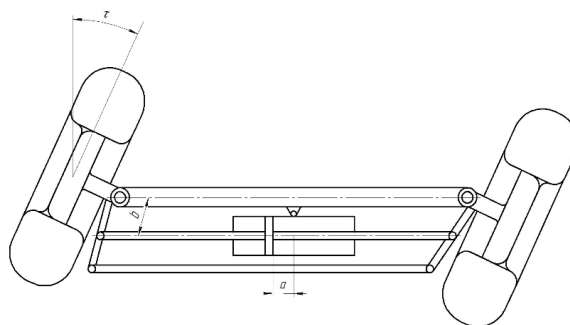


Рисунок 1 – Кинематическая схема поворота передних управляемых колес

Были получены зависимости между углом поворота колес и ходом штока гидроцилиндра:

$$a_{ПК} = b \sin \tau, \quad (1)$$

где  $a_{ПК}$  – ход штока гидроцилиндра, м;  $b$  – расстояние от оси колес до крепления штока гидроцилиндра (конструктивный размер), м;  $\tau$  – угол поворота колес.

### СКЛАДЫВАНИЕ ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННОЙ РАМЫ

Для складывания шарнирно-сочлененной рамы используются два гидроцилиндра, работающие в противофазе и закрепленные вблизи кабины на моторной раме (рисунок 2). Максимальный угол складывания рамы  $\leq 40^\circ$  [3,4].

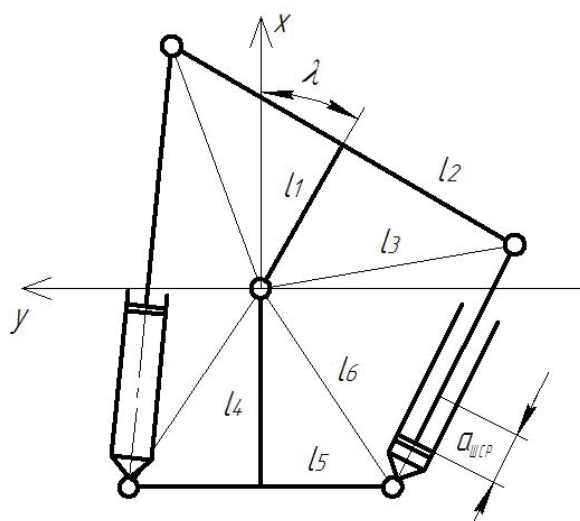


Рисунок 2 – Кинематическая схема складывания шарнирно-сочлененной рамы

Зависимость между углом складывания ШСР и ходом штока гидроцилиндра:

$$a_{ШСР} = \sqrt{l_3^2 + l_6^2 - 2l_3l_6 \cos \lambda}; \quad (2)$$

$$a_{ШСР} = \sqrt{l_1 + l_2 + l_4 + l_5 - 2\sqrt{l_1^2 + l_2^2}\sqrt{l_4^2 + l_5^2} \cos \lambda}, \quad (3)$$

где  $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$  – известные конструктивные размеры рамы,  $\lambda$  – угол складывания рамы;  $a_{ШСР}$  – ход штока правого гидроцилиндра.

В работе [5] установлено, что для движения передних и задних колес по одной колее (рисунок 3) угол складывания шарнирно-сочлененной рамы должен быть примерно в два раза меньше угла поворота передних управляемых колес:

$$k_1 = \frac{\lambda}{\tau} \approx 2, \quad (4)$$

где  $k_1$  – кинематический коэффициент пропорциональности.

В общем случае расход жидкости, необходимый для перемещения штока исполнительного гидроцилиндра, равен:

$$Q = S a', \quad (5)$$



## РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

где  $S$  – рабочая площадь гидроцилиндра, – скорость перемещения штока гидроцилиндра.

Расход жидкости для перемещения штока гидроцилиндра передних управляемых колес:

$$Q_{ПК} = Sb \cos \tau', \quad (6)$$

где  $\tau'$  – скорость перемещения штока гидроцилиндра.

Расход жидкости для перемещения штока гидроцилиндров ШСР:

$$Q_{ШСР} = S_{ШСР} \sqrt{l_3^2 + l_6^2 - 2l_3l_6 \sin \lambda'}, \quad (7)$$

где  $\lambda'$  – скорость перемещения штока гидроцилиндра.

Предложен гидравлический коэффициент пропорциональности  $k$  – отношение расходов жидкости гидроцилиндров складывания ШСР и поворота передних колес:

$$k_2 = \frac{Q_{ШСР}}{Q_{ПК}} \quad (8)$$

Рабочий объем гидромотора отрицательной обратной связи можно рассчитать по формуле [6,7,8]:

$$Sa_{max} = Q\Delta t = q_{min}n = q_{min}N, \quad (9)$$

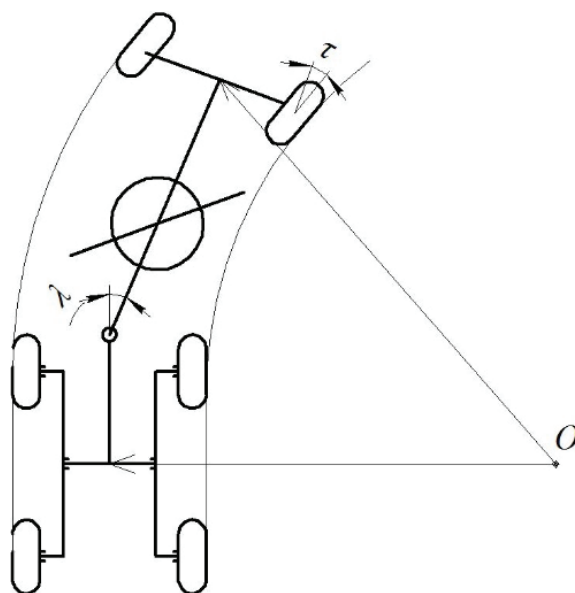


Рисунок 3 – Схема поворота автогрейдера с шарнирно-сочлененной рамой

где  $a_{max}$  – максимальный ход штока гидроцилиндра; – интервал времени для поворота колес из одного крайнего положения в другое; – число оборотов в единицу времени; – число оборотов рулевого колеса;  $\approx 5$ , т.к. при работе в аварийном состоянии оператор должен совершить поворот колес из одного крайнего положения колес в другое за 5 оборотов рулевого колеса;  $q_{min}$  – минимальное граничное значение рабочего объема гидромотора

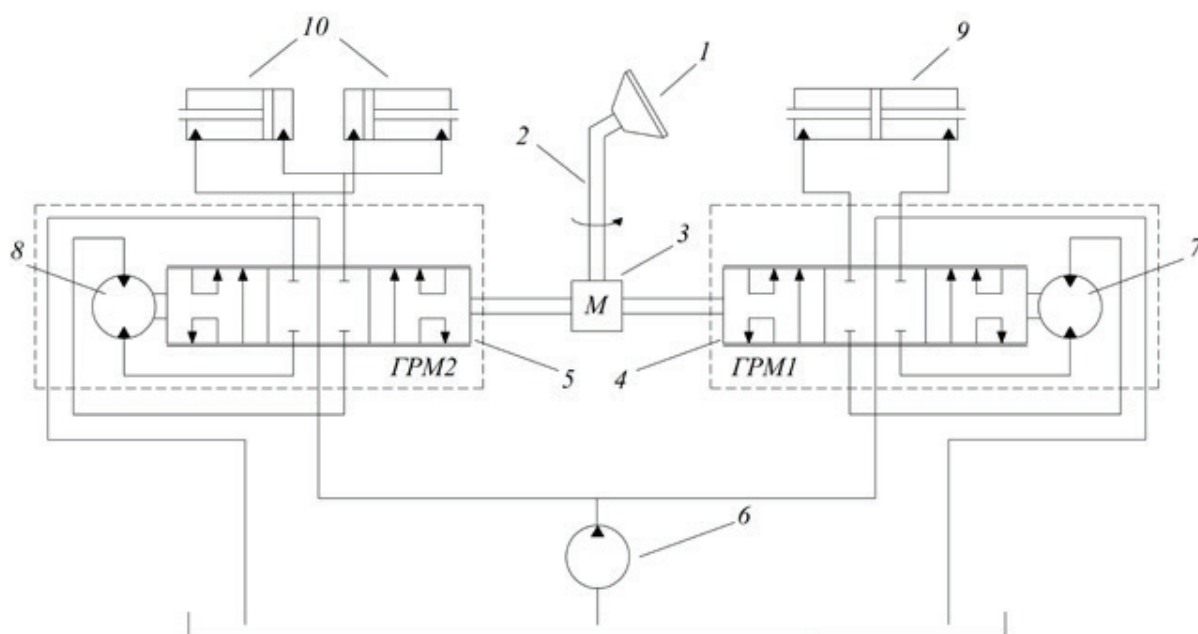


Рисунок 4 – Фрагмент модернизированной схемы гидравлической принципиальной гидросистемы рулевого управления автогрейдера

$$q_{min} = \frac{Sa_{max}}{5}. \quad (10)$$

Гидравлический коэффициент пропорциональности рабочих объемов гидромоторов отрицательной обратной связи:

$$k = \frac{q_{ШСР}}{q_{ПК}} = \frac{S_{ШСР}a_{ШСР}}{Sa_{ПК}}, \quad (11)$$

где  $q_{ШСР}$  – рабочий объем гидромотора отрицательной обратной связи ШСР;  $q_{ПК}$  – рабочий объем гидромотора отрицательной обратной связи передних управляемых колес.

### МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА

Для обеспечения движения передних и задних колес по одной колее и выполнения условия (11) было предложено модернизировать гидросистему рулевого управления. На рисунке 4 изображен фрагмент схемы гидравлической принципиальной гидросистемы рулевого управления автогрейдера.

В предложенной системе рулевого управления автогрейдером к рулевому колесу 1 и рулевой колонке 2 подключен механизм синхронного поворота «М» 3. К механизму синхронного поворота подключен уже имеющийся гидравлическим рулевым механизмом (ГРМ1), поворота передних управляемых колес и дополнительный гидравлический рулевой механизм (ГРМ2), вход которого соединен с насосной станцией 6, а выходы соединены с гидроцилиндрами поворота шарнирно-сочлененной рамы 10.

Угол поворота задается рулевым колесом 1, которое через рулевую колонку 2 и механизм синхронного поворота «М» 3 вращает золотники, входящие в состав гидрораспределителей 4 и 5 на одинаковые углы, которые подают жидкость, поступающую от насосной станции 6, проходящую через соответствующие гидромоторы отрицательной обратной связи 7 и 8, соответственно в гидроцилиндры поворота передних колес 9 и гидроцилиндры поворота хребтовой рамы относительно моторной 10.

За счет различных рабочих объемов гидромоторов отрицательной обратной связи 7 и 8 реализуется соотношение между углами поворота передних управляемых колес и складывания хребтовой рамы относительно моторной с целью движения передних и задних колес автогрейдера по одной колее.

Предложенная система рулевого управления автогрейдера позволяет осуществлять синхронный поворот передних управляемых колес и хребтовой рамы относительно моторной рамы с целью движения передних и задних колес автогрейдера по одной колее, что позволит повысить маневренность и мобильность автогрейдера.

### ДВИЖЕНИЕ АВТОГРЕЙДЕРА ПО ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ



Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма движения автогрейдера по заданной траектории

В процессе выполнения работ автогрейдер совершает движение по различным траекториям. Разработан алгоритм ведения автогрейдера по заданной траектории, суть которого заключается в разбиении траектории движения на условные участки и расчет углов наклона касательных к границам этих участков, при этом разность последующего и предыдущего угла будет давать угол поворота передних управляемых колес. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 5.

Для выполнения алгоритма необходимо ввести исходные данные:

- габаритные размеры автогрейдера;
- гидравлический коэффициент пропорциональности;
- количество шагов  $i$ ;
- уравнение траектории движения;
- длина траектории  $L$ .

Последовательно производится расчет минимального перемещения  $\Delta x$  вдоль оси  $x$ , расчет углов поворота колес и ШСР, координат  $x_i$  и  $y_i$  траектории движения автогрейдера и ширины габаритного коридора.

В качестве примера представлена траектория движения автогрейдера по синусоиде  $y = A \sin(\omega t)$ . По алгоритму получена траектория движения оси машины и ширина габаритного коридора (рисунок 6). Угол поворота колес  $\tau$  в точках  $x_i$  представлен на рисунке 7.

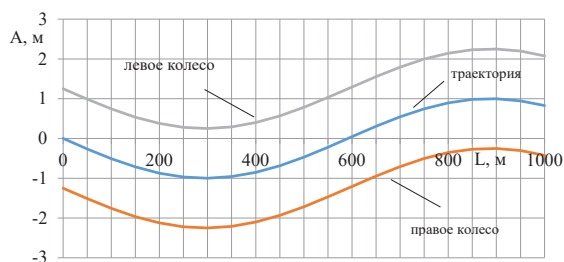


Рисунок 6 – Траектория движения автогрейдера ( $y$ ) и ширина габаритного коридора

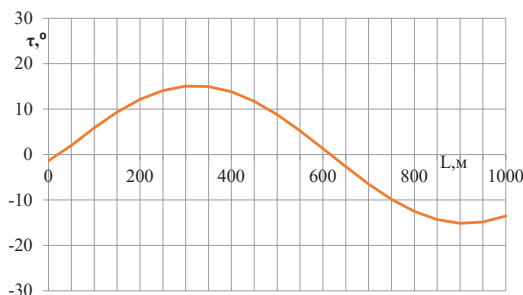


Рисунок 7 – Угол поворота колес  $\tau$  в точках  $x_i$

По графику на рисунке 7 можно сделать вывод что угол поворота колес составляет менее  $20^\circ$ , что является допустимым для выполнения условия 4, являющегося требованием для ведения передних и задних колес по одной колее с сохранением минимальной ширины габаритного коридора при входе в поворот и удовлетворяющего требованию на максимальный угол поворота колес и складывание ШСР.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для ведения передних и задних колес автогрейдера по одной колее с целью уменьшения габаритного коридора предложена модернизация гидросистемы рулевого управления, заключающаяся в подключении к рулевой колонке через механизм синхронизации дополнительного ГРМ, управляющего поворотом ШСР.

Разработанный алгоритм позволит вести автогрейдер по заданной траектории с минимальной шириной габаритного коридора.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков В.С. Научные основы повышения точности работ, выполняемых землеройно-транспортными машинами: дис. д-ра техн. наук: 05.05.04. Омск. 2000. 416 с.
2. Портнова, А.А. Зависимость угла поворота передних колес автогрейдера от хода штока гидроцилиндра поворота / А.А. Портнова // Природные и интеллектуальные ресурсы Омского региона (Омскресурс - 3 - 2013): матер. III Межвуз. науч. конф. студ. и аспирантов. / отв. ред. Т.П. Ковтун, А.А. Начвина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – С. 204 – 206.
3. Заболоцкий Ф.Д. Автогрейдер. 2-е изд. М.: Транспорт, 1970. – 182 с.
4. Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А. и др. Дорожные машины. Машины для земляных работ. изд. 3-е, перераб. и доп. / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. — М.: Машиностроение, 1972. — 504 с.
5. Портнова, А.А. Зависимость между углами поворота передних управляемых колес и шарнирно-сочлененной рамы автогрейдера / А.А. Портнова // Омский научный вестник. – Омск: ОмГТУ, 2013. – Вып. 3 (123). – С. 157 – 159.
6. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. Москва: Машиностроение, 1972. – 320 с.
7. Любимов Б.А., Червяков Е.Н. Обоснование схем и основных параметров унифицированных объемных гидроприводов рулевого

8. Галдин Н.С. Основы гидравлики и гидропривода: уч. пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 145 с.

## IMPROVING THE HYDRAULIC DRIVE OF THE MOTOR GRADER

V. S. Sherbakov, Yu.E. Ionova

**Annotation.** The dependences of the turning of the front steerable wheels and the folding of the articulated frame off displacement of the rods of the hydraulic cylinders are considered. The machinery for synchronizing the turning of the front steerable wheels and folding the articulated frame is proposed. The hydraulic coefficient of proportionality between the working volumes of the negative feedback hydraulic motors and the displacement of the rods of the hydraulic cylinders turning the wheels and folding the articulated frame is obtained. The algorithm of motion the motor grader for a given trajectory is given.

**Keywords:** motor grader, hydraulic steering, executive cylinder, algorithm, turning of wheels, trajectory tracking.

## REFERENCES

8. Galdin N.S. Osnovy gidravlik i igidroprivoda: uch. posobie [Fundamentals of hydraulics and hydraulic drive: a manual] Omsk, SibADI, 2006. 145 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Щербаков Виталий Сергеевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВО «СиБАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sherbakov\_vs@sibadi.org).*

*Vitaliy S. Sherbakov (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department “Automation of industrial processes and electrical”, The Siberian Automobile and Highway University (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: sherbakov\_vs@sibadi.org).*

Ионова Юлия Евгеньевна (Омск, Россия)  
– преподаватель кафедры «Инженерная геометрия и САПР» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644080 г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: juliqmer@gmail.com).

*Yuliia E. Ionova (Omsk, Russia) – lecturer  
department of Engineering geometry and CAD,  
Omsk State Technical University (644080, Omsk,  
pr. Mira, 11, e-mail: juliqmer@gmail.com ).*

# РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

## ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ГРУППЫ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ ГРУЗОТПРАВИТЕЛЕМ

Э.Р. Айтбагина, Е.Е. Витвицкий  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г Омск, Россия

**Аннотация.** В статье расширены положения теории грузовых автомобильных перевозок о влиянии расстояния на результаты работы группы автотранспортных средств. Выполнено решение задачи оперативного планирования перевозок кирпича на поддонах группой автотранспортных средств в городе, определены выработка в тоннах, тонно-километрах, производственная себестоимость в отдельный день работы для каждого расстояния из рассматриваемого диапазона, установленные зависимости производственной себестоимости от увеличения расстояния перевозок грузов проверены на адекватность исследуемому процессу.

**Ключевые слова:** результаты работы группы автотранспортных средств, расстояние, совокупность малых автотранспортных систем.

### ВВЕДЕНИЕ

Для задач оперативного планирования перевозок грузов важным является знание влияния эксплуатационных факторов на результаты работы группы автотранспортных средств (АТС), в том числе и на себестоимость. «Себестоимость автомобильных перевозок – это суммарные затраты, выраженные в денежной форме, произведенные автотранспортным предприятием на перевозки грузов» [1, с. 107]. Интересы обслуживаемой клиентуры формулируют одну из основных задач работников автомобильного транспорта – снижение себестоимости перевозок грузов. Это определяет необходимость знания, какое влияние на себестоимость перевозок оказывают отдельные факторы [1, с. 112-113]. Для этой цели можно воспользоваться методом построения характеристического графика [1, с. 113].

### УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ГРУППЫ АТС ОТ РАССТОЯНИЯ В СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ, ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ ГРУЗОТПРАВИТЕЛЕМ

На практике, согласно натурным исследованиям [2, 3, с. 191-192], установлено, что перевозка от грузоотправителей (ГО) строительных

грузов осуществляется помашинными отправлениями, «...в 55 % дней наблюдения, перевозки выполняются на радиальном маршруте. В остальные дни перевозок строительных грузов помашинными отправлениями выполняются в смену на нескольких маятниковых маршрутах с обратным не груженым пробегом, на каждом из которых изолированно работает группа АТС (доля такой практики наблюдается 24% дней периода)» (т.е. в совокупности нескольких малых ненасыщенных (насыщенных) автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ)).

Согласно классификации [4, с. 71], малые АТСПГ – маятниковые маршруты всех типов и кольцевые, где осваиваются более мощные грузовые потоки, а поэтому используются несколько единиц или даже десятков АТС. «Под насыщенной малой АТСПГ понимается такая, в которой пропускная способность погрузочных и разгрузочных пунктов обеспечивается определенной группой автомобилей, и добавление в такую систему еще одного автомобиля (автопоезда) приводит к образованию очередей транспортных средств на обслуживание в одном из грузоперерабатывающих пунктов» [4, с. 119].

В теории грузовых автомобильных перевозок влияние расстояния на себестоимость описывается непрерывными возрастающими гиперболическими зависимостями [1, с. 111, 5, с. 105].



Зобщ, руб.

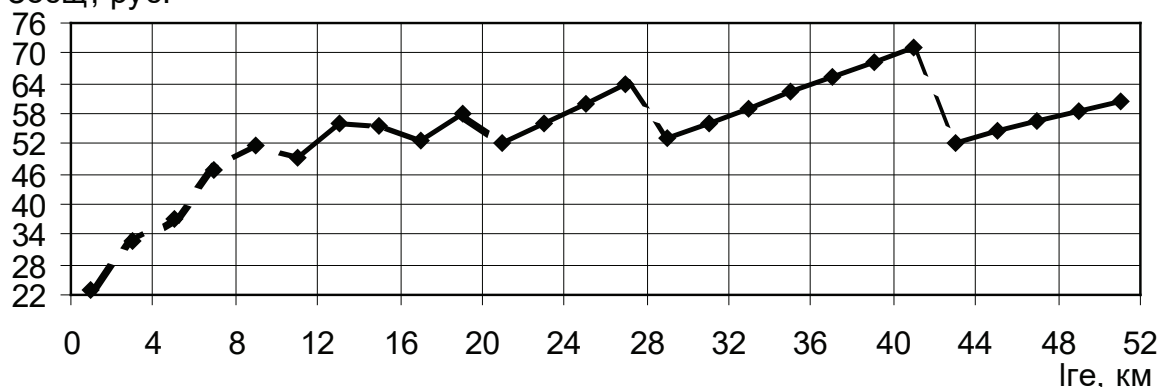


Рисунок 1 – Зависимость общих затрат на перевозку груза КамАЗ-5511 [6, с. 63]

В СИБАДИ в 1991 году выполнено исследование [6, с. 2], в котором «с позиций системного подхода рассматриваются работа грузовых автомобилей в различных условиях эксплуатации, аспекты формирования эксплуатационных затрат, доходов и прибыли в реальном транспортном процессе». На основании методики [6, с. 52-62], были выполнены расчеты показателей работы АТС и построена зависимость общих затрат (рис. 1) в одной малой АТСПГ от расстояния перевозок грузов 1 класса на городских маршрутах, но при перевозке автотранспортным предприятием.

Указанная зависимость (рис. 2) получена при использовании модели функционирования малой АТСПГ [6, с. 48]:

$$Q_i = q\gamma \cdot Z_{ei}, \quad (1)$$

где  $i$  – порядковый номер АТС;  $Z_{ei}$  – количество ездов, ед.

$$P_i = q\gamma \cdot Z_{ei} \cdot l_{ge}, \quad (2)$$

$$Z_{общ} = 3 + 3П + НР, \quad (3)$$

где « $Z_{общ}$  – общая сумма затрат на эксплуатацию подвижного состава, руб.;  $3$  – общая сумма эксплуатационных затрат, руб.;  $3П$  – сумма заработной платы, руб.;  $НР$  – накладные расходы, руб.» [6, с. 15-22].

В статье примем, что перевозка грузов организуется предприятием-производителем своего строительного груза, за свой счет, собственными АТС [7] для собственных строительных площадок, т.е. грузовые работы осуществляет организатор перевозок. Договор на перевозку грузов не заключается, поэтому

требуется рассчитывать производственную себестоимость ( $S_n$ ).

Условия функционирования АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ [3, с. 193]: на каждой ветви совокупности малых АТСПГ работает изолированно группа АТС; на каждой из ветви имеется один пост погрузки, где примем условие – на одном погружается облицовочный красный кирпич (min), на другом полнотелый красный кирпич (max); плановый объем перевозок грузов на каждой ветви совокупности малых АТСПГ не превышает выработки одного АТС за смену; допустим, что расстояние перевозок грузов на каждой ветви одновременно увеличивается с шагом в 2 км, от начального значения 2 км до 60 км; клиентура расположена на минимальных равноудаленных расстояниях от ГО; величины технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) получены по результатам практических наблюдений и взяты из нормативно-справочной литературы [8, с. 136]; расчет результатов работы АТС и производственной себестоимости выполним, используя программно-математическое обеспечение «Расчет затрат на перевозку грузов в составе моделей микро и особо малой автотранспортных систем» [8, с. 136] и модель функционирования малой АТСПГ [4, с. 157-159].

Рассматриваемое подразделение ГО, осуществляющее перевозки, имеет размерность до 10 АТС, основанием является [9]. Практика характеризуется в частом изменении клиентуры, видов грузов и их объемов, что оказывает влияние на результаты функционирования совокупности малых АТСПГ в оперативном режиме. У предприятия имеется множество клиентов с множеством заявок, известно, что в разные дни места разгрузки и объемы заказов

Таблица 1

ИСХОДНАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИТУАЦИЯ В СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ  
НЕНАСЫЩЕННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

| № ГП (отдельной малой<br>ненасыщенной АТСПГ) | Возможные планы перевозок за день |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1                                            | min                               |
| 2                                            | max                               |

Таблица 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| Показатели                                                          | Условное обозначение | Величины |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|----------|
| Облицовочный красный кирпич:                                        | М 125                | -        |
| - масса поддона с кирпичом брутто, т.                               | m                    | 0,8      |
| - количество поддонов, ед.                                          | -                    | 10       |
| - размер отправки (брутто), т.                                      | -                    | 8        |
| - статический коэффициент<br>использования грузоподъемности         | $\gamma$             | 1,0      |
| - норма времени простоя под погрузкой<br>и разгрузкой, мин. на 1 т. | $T_{пв}$             | 4,2*     |
| Полнотелый красный кирпич:                                          | М 150                |          |
| - масса поддона с кирпичом брутто, т.                               | m                    | 1,2      |
| - количество поддонов, ед.                                          | -                    | 6        |
| - размер отправки (брутто), т.                                      | -                    | 7,2      |
| - статический коэффициент<br>использования грузоподъемности         | $\gamma$             | 0,9      |
| - норма времени простоя под погрузкой<br>и разгрузкой, мин. на 1 т. | $T_{пв}$             | 3,5*     |

*Примечание.\* – Нормы времени простоя бортовых автомобилей под погрузкой и разгрузкой грузов в пакетах на поддонах механизированным способом (козловыми, мостовыми и другими кранами, кроме автокранов) мин. на 1 т номинальной грузоподъемности [10].*

разные. Подробную информацию на практике предоставлять не желают, ссылаясь на коммерческую тайну, поэтому далее используем условную производственную ситуацию, где изменяются планы перевозок за день (таблица 1), где № ГП – номер грузополучателя (ГП); min – минимально-возможный плановый объем перевозок в смену в малой АТСПГ (всего два АТС – у первого АТС работа в течение смены, у второго АТС одна ездка); max – максимально-возможный плановый объем перевозок в смену в малой АТСПГ (возможное количество АТС, каждый из которых работает целый день на перевозке груза).

Рассмотрим применение КамАЗ-5320 для перевозки кирпича на поддонах, с исходными данными: городские условия эксплуатации, груз первого класса, односторонний грузопо-

ток, односменный режим работы, количество и параметры груза известны заранее и не изменяются, организационно-правовая форма собственности – общество с ограниченной ответственностью. Расстояние перевозок груза ( $l_r$ ) = 20 км (для примера в данной статье), другие ТЭП: номинальная грузоподъемность АТС ( $q$ ) = 8 т; время в наряде ( $T_n$ ) = 8 ч; первый нулевой пробег ( $l_{n1}$ ) = 1 км; второй нулевой пробег ( $l_{n2}$ ) = 20 км (для примера); средняя техническая скорость ( $V_t$ ) = 24 км/ч. Дополнительные исходные данные представлены в таблице 2.

Результаты расчета ТЭП работы группы КамАЗ 5320 в одной малой АТСПГ для  $l_r = 20$  км с учетом ритма ( $R$ ) прибытия АТС под погрузку-разгрузку представлены в таблицах 3, 4, 5.  $R$  равен максимальному времени погрузки (разгрузки) АТС.

Таблица 3  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ  
ГРУППЫ КАМАЗ-5320 ДЛЯ РАССТОЯНИЯ ПЕРЕВОЗОК 20 КМ ЗА ЕЗДКУ  
В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

| Показатели                                               | Планово-возможный<br>объем перевозок грузов |           |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
|                                                          | при $max$                                   | при $min$ |
| Длина маршрута, км                                       | 40,000                                      | 40,000    |
| Время на погрузку и разгрузку за езду АТС, ч             | 0,420                                       | 0,560     |
| Время ездки (оборота) АТС, ч                             | 2,086                                       | 2,226     |
| Выработка АТС за езду, т                                 | 7,200                                       | 8,000     |
| Выработка АТС за езду, т·км                              | 144,000                                     | 160,000   |
| Ритм погрузки (выгрузки) в $j$ -пункте ( $R_{max}$ )     | 0,210                                       | 0,280     |
| Пропускная способность грузового пункта ( $A_j'$ ), ед/ч | 9,000                                       | 7,000     |

Таблица 4  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ  
ГРУППЫ КАМАЗ-5320 ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ  
НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ  
ПРИ MIN ПЛАНОВО-ВОЗМОЖНОМ ОБЪЕМЕ ПЕРЕВОЗОК

| № АТС    | $T_{mi}$ , ч | $[T_{mi}/t_{e,o}]$ ,<br>ед | $\Delta T_{mi}$ , ч | $Z'_e$ , ед. | $Z_{ei}$ , ед. | $Q_{di}$ , т. | $P_{di}$ , т·км | $L_{общ}$ , км | $T_{н.ф.i}$ , ч |
|----------|--------------|----------------------------|---------------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1        | 8,000        | 3,000                      | 1,322               | 0,000        | 3,000          | 24,000        | 480,000         | 121,000        | 6,721           |
| 2        | 7,720        | 3,000                      | 1,042               | 0,000        | 1,000*         | 8,000         | 160,000         | 41,000         | 2,268           |
| $\Sigma$ | 15,720       | -                          | -                   | -            | 4,000          | 32,000        | 640,000         | 162,000        | 8,990           |

где  $T_{mi}$  – возможное время работы каждого АТС в малой АТСПГ;

\* – по плану АТС выполняет 1 езду.

Таблица 5  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ  
ГРУППЫ КАМАЗ-5320 ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ  
НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ  
ПРИ MAX ПЛАНОВО-ВОЗМОЖНОМ ОБЪЕМЕ ПЕРЕВОЗОК

| № АТС    | $T_{mi}$ , ч | $[T_{mi}/t_{e,o}]$ ,<br>ед | $\Delta T_{mi}$ , ч | $Z'_e$ , ед. | $Z_{ei}$ , ед. | $Q_{di}$ , т. | $P_{di}$ , т·км | $L_{общ}$ , км | $T_{н.ф.i}$ , ч |
|----------|--------------|----------------------------|---------------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1        | 8,000        | 3,000                      | 1,742               | 1,000        | 4,000          | 28,800        | 576,00          | 161,000        | 7,680           |
| 2        | 7,790        | 3,000                      | 1,532               | 1,000        | 4,000          | 28,800        | 576,000         | 161,000        | 7,680           |
| 3        | 7,580        | 3,000                      | 1,322               | 1,000        | 4,000          | 28,800        | 576,000         | 161,000        | 7,680           |
| 4        | 7,370        | 3,000                      | 1,112               | 0,000        | 3,000          | 21,600        | 432,000         | 121,000        | 6,260           |
| 5        | 7,160        | 3,000                      | 0,902               | 0,000        | 3,000          | 21,600        | 432,000         | 121,000        | 6,260           |
| 6        | 6,950        | 3,000                      | 0,692               | 0,000        | 3,000          | 21,600        | 432,000         | 121,000        | 6,260           |
| 7        | 6,740        | 3,000                      | 0,482               | 0,000        | 3,000          | 21,600        | 432,000         | 121,000        | 6,260           |
| 8        | 6,530        | 3,000                      | 0,272               | 0,000        | 3,000          | 21,600        | 432,000         | 121,000        | 6,260           |
| $\Sigma$ | 58,120       | -                          | -                   | -            | 27,000         | 194,400       | 3888,000        | 1088,000       | 54,340          |



## РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Согласно [5, с. 71], для проверки расчетов требуется построение расписания работы АТС (рис. 2, 3), при котором необходимо учитывать следующее:

под погрузку АТС подаются последовательно друг за другом, по «горизонтали»;

последний холостой пробег отсутствует, поскольку АТС возвращается в пункт погрузки (собственное АТС);

обед погрузочно-разгрузочных пунктов с 12.00 ч. до 13.00 ч. включительно, обед водителя 30 минут через 4-4,5 часа отработанного времени по мере следования по маршруту;

если разгрузка АТС не может быть завершена до 17.00 ч., то погрузка на данную езду не осуществляется.

После построения расписания результаты работы АТС представлены в таблицах 6, 7.

Таблица 6  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГРУППЫ КАМАЗ-5320 ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ MIN ПЛАНОВО-ВОЗМОЖНОМ ОБЪЕМЕ ПЕРЕВОЗОК ПО ИТОГАМ ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

| № АТС    | $Z_{\text{ср}}$ , ед. | $Q_{\text{дп}}$ , т. | $P_{\text{дп}}$ , т·км | $L_{\text{общ}}$ , км | $T_{\text{н.ф.п.}}$ , ч |
|----------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1        | 4,000                 | 32,000               | 640,000                | 161,000               | 8,070                   |
| 2        | 1,000                 | 8,000                | 160,000                | 41,000                | 2,268                   |
| $\Sigma$ | 5,00                  | 40,00                | 800,00                 | 202,00                | 10,338                  |

Таблица 7  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГРУППЫ КАМАЗ-5320 ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ MIN ПЛАНОВО-ВОЗМОЖНОМ ОБЪЕМЕ ПЕРЕВОЗОК ПОСЛЕ ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

| № АТС    | $Z_{\text{ср}}$ , ед. | $Q_{\text{дп}}$ , т. | $P_{\text{дп}}$ , т·км | $L_{\text{общ}}$ , км | $T_{\text{н.ф.п.}}$ , ч |
|----------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1        | 4                     | 28,80                | 576,00                 | 161,00                | 7,51                    |
| 2        | 4                     | 28,80                | 576,00                 | 161,00                | 7,72                    |
| 3        | 4                     | 28,80                | 576,00                 | 161,00                | 7,84                    |
| 4        | 4                     | 28,80                | 576,00                 | 161,00                | 7,84                    |
| 5        | 3                     | 21,60                | 432,00                 | 121,00                | 5,46                    |
| 6        | 3                     | 21,60                | 432,00                 | 121,00                | 5,64                    |
| 7        | 3                     | 21,60                | 432,00                 | 121,00                | 5,85                    |
| 8        | 3                     | 21,60                | 432,00                 | 121,00                | 5,96                    |
| $\Sigma$ | 28                    | 201,60               | 4032,00                | 1128,00               | 53,80                   |

Таблица 8  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ MIN ПЛАНОВО-ВОЗМОЖНОМ ОБЪЕМЕ ПЕРЕВОЗОК

| Статьи $S_n$                                                                               | № АТС   |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                                                                                            | 1       | 2       |
| Производственная себестоимость перевозок грузов, руб ( $S_n$ ), в т. ч.:                   | 7193,31 | 2145,88 |
| - заработная плата водителей, руб. ( $\PhiЗП_{\text{ср.общ}}$ );                           | 2378,60 | 599,46  |
| - страховые взносы, руб. ( $СВ_{\text{ср.общ}}$ );                                         | 730,23  | 184,03  |
| - автомобильное топливо, руб. ( $З_{\text{топл.}}$ );                                      | 1970,64 | 500,80  |
| - смазочные и прочие эксплуатационные материалы, руб. ( $З_{\text{экспл.м.}}$ );           | 397,94  | 110,36  |
| - износ и ремонт автомобильных шин, руб. ( $З_{\text{ш.}}$ );                              | 271,23  | 69,08   |
| - техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт АТС, руб. ( $З_{\text{то,тр.общ}}$ ); | 1108,20 | 345,68  |
| - амортизация подвижного состава, руб. ( $A_{\text{пс}}$ ).                                | 336,47  | 336,47  |

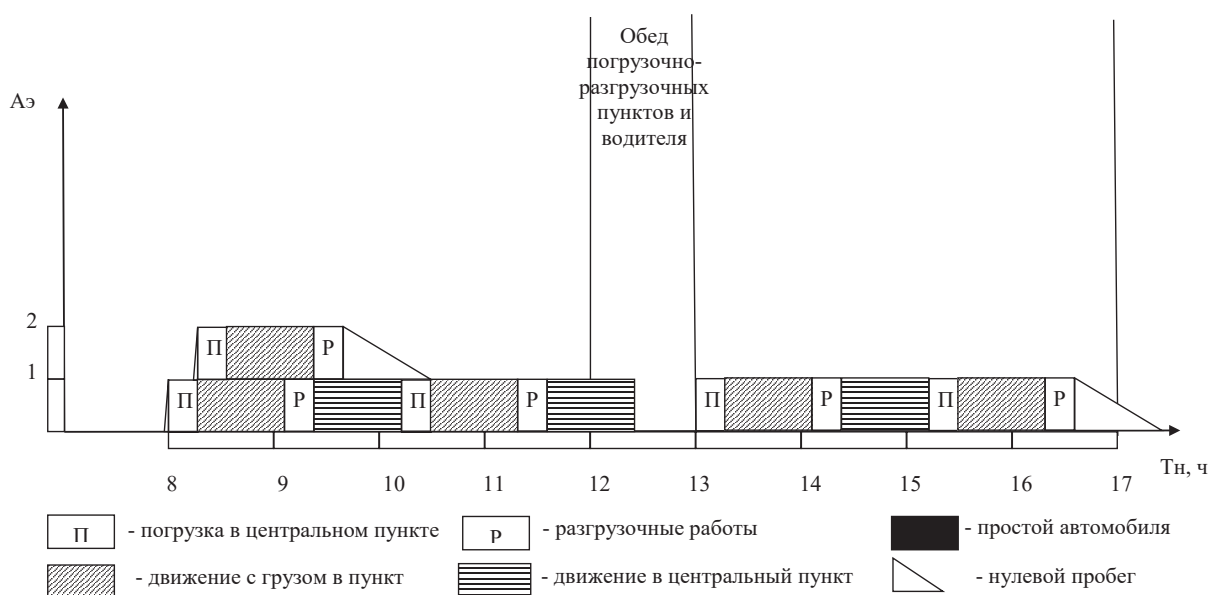


Рисунок 2 – Расписание работы группы автомобилей КамАЗ-5320 на расстоянии 20 км в отдельной малой ненасыщенной автотранспортной системе при min планово-возможном объеме перевозок

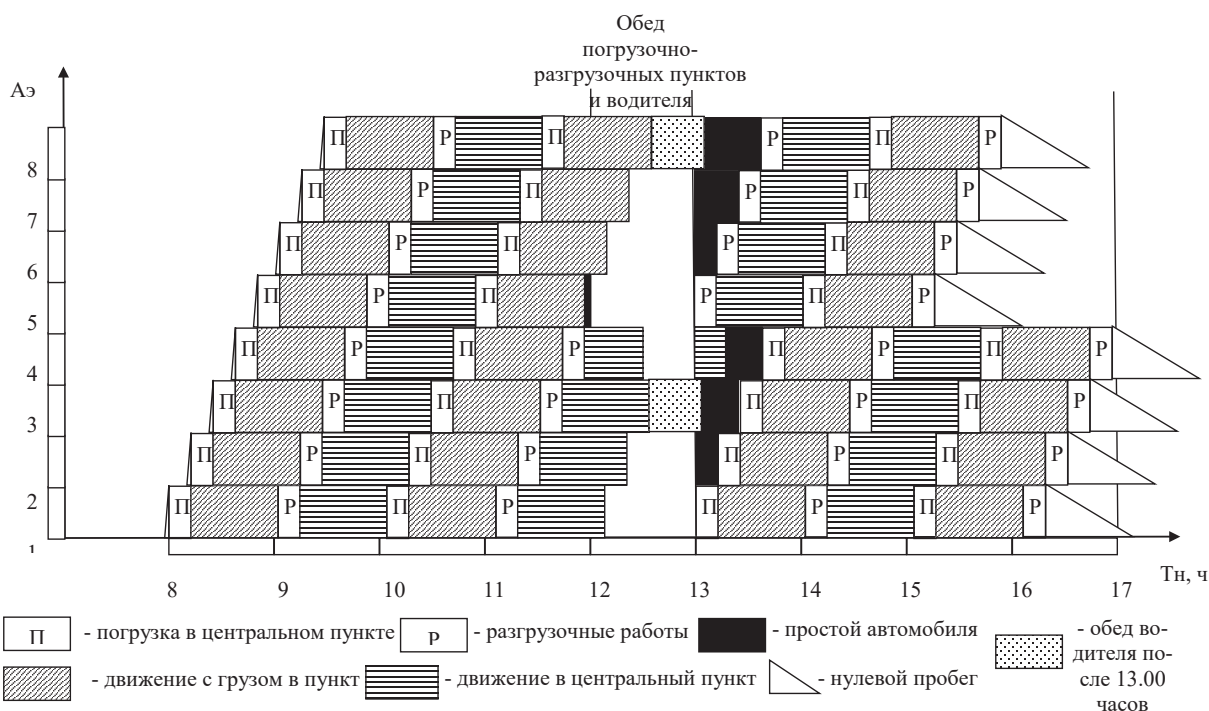


Рисунок 3 – Расписание работы группы автомобилей КамАЗ-5320 на расстоянии 20 км в отдельной малой ненасыщенной автотранспортной системе при max планово-возможном объеме перевозок

## РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Результаты расчета  $S_n$  в отдельный день работы в соответствии с производственной ситуацией (см. табл. 1) сведены в таблицы 8, 9.

Таблица 9

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ  
ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ В ОТДЕЛЬНОЙ МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ  
СИСТЕМЕ ПРИ МАХ ПЛАНОВО-ВОЗМОЖНОМ ОБЪЕМЕ ПЕРЕВОЗОК

| Статьи $S_n$                      | № АТС   |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       |
| $S_n$ , руб. в т. ч.:             | 7541,73 | 7554,66 | 7561,85 | 7561,85 | 5771,42 | 5782,56 | 5795,76 | 5802,86 |
| - $\PhiЗП_{сд.общ}^{вод}$ , руб.: | 2234,27 | 2244,16 | 2249,66 | 2249,66 | 1676,39 | 1684,91 | 1695,01 | 1700,44 |
| - $СВ_{вод}$ , руб.:              | 685,92  | 688,96  | 690,65  | 690,65  | 514,65  | 517,27  | 520,37  | 522,04  |
| - $З_{топл}$ , руб.:              | 1970,64 | 1970,64 | 1970,64 | 1970,64 | 1480,67 | 1480,67 | 1480,67 | 1480,67 |
| - $З_{экспл.м}$ , руб.:           | 935,00  | 935,00  | 935,00  | 935,00  | 705,80  | 705,80  | 705,80  | 705,80  |
| - $З_{ш}$ , руб.:                 | 271,23  | 271,23  | 271,23  | 271,23  | 203,85  | 203,85  | 203,85  | 203,85  |
| - $З_{то,тр}^{общ}$ , руб.:       | 1108,20 | 1108,20 | 1108,20 | 1108,20 | 853,59  | 853,59  | 853,59  | 853,59  |
| - $A_{пс}$ , руб.                 | 336,47  | 336,47  | 336,47  | 336,47  | 336,47  | 336,47  | 336,47  | 336,47  |

Результаты расчета  $S_n$  в отдельный день работы, в соответствии с установленным планом (см. таблицу 1), сведены в таблицу 10.

Таблица 10

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА  
В ОТДЕЛЬНЫЙ ДЕНЬ РАБОТЫ ДЛЯ РАССТОЯНИЯ 20 КМ  
В СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ АТСПГ

| № ГП                                          | $S_n$ , руб. |
|-----------------------------------------------|--------------|
| 1, при min планово-возможном объеме перевозок | 9339,19      |
| 2, при max планово-возможном объеме перевозок | 53372,69     |
| $\Sigma S_n$ за день                          | 62711,88     |

Расчеты ТЭП и  $S_n$  для других расстояний перевозок грузов в отдельной малой АТСПГ выполнены аналогично вышеприведенным.

Результаты расчета  $S_n$  для  $l_e = 2-60$  км в отдельный день работы в соответствии с принятым планом, представлены в таблице 11.

Таблица 11  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ  
ДЛЯ РАССТОЯНИЙ ОТ 2 ДО 60 КМ В СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ АТСПГ  
ПРИ РАБОТЕ КАМАЗ-5320

| $l_e$ , км | $S_n$ , руб. |
|------------|--------------|
| 2          | 16632,15     |
| 4          | 23921,99     |
| 6          | 31144,48     |
| 8          | 37898,67     |
| 10         | 40130,66     |
| 12         | 46287,39     |
| 14         | 52447,52     |
| 16         | 58616,65     |
| 18         | 59397,18     |
| 20         | 62711,88     |
| 22         | 62082,90     |
| 24         | 62476,13     |
| 26         | 62279,95     |
| 28         | 63745,60     |
| 30         | 67438,50     |
| 32         | 65837,58     |
| 34         | 60940,67     |
| 36         | 60974,47     |
| 38         | 63886,03     |
| 40         | 66697,93     |
| 42         | 69613,29     |
| 44         | 72436,99     |
| 46         | 75144,30     |
| 48         | 77978,59     |
| 50         | 76749,35     |
| 52         | 75149,39     |
| 54         | 73350,70     |
| 56         | 71149,04     |
| 58         | 63965,26     |
| 60         | 56442,16     |

Построена точечная зависимость  $S_n$  от  $l_g$ , представленная на рисунке 4.

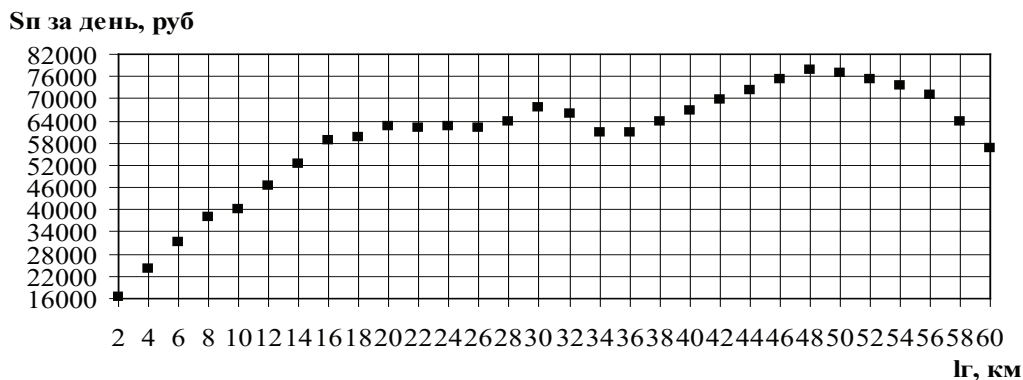


Рисунок 4 – Зависимость производственной себестоимости от увеличения расстояния в совокупности малых ненасыщенных автотранспортных систем перевозок грузов

На основе регрессионного анализа в MSEXCEL, получена функциональная зависимость  $S_n$  в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от  $l_g$  (рисунок 5), представляющая собой полином 3-й степени, уравнение которой имеет вид:

$$S_n = 0,332x^3 - 59,767x^2 + 3273,5x + 13977, \quad (4)$$

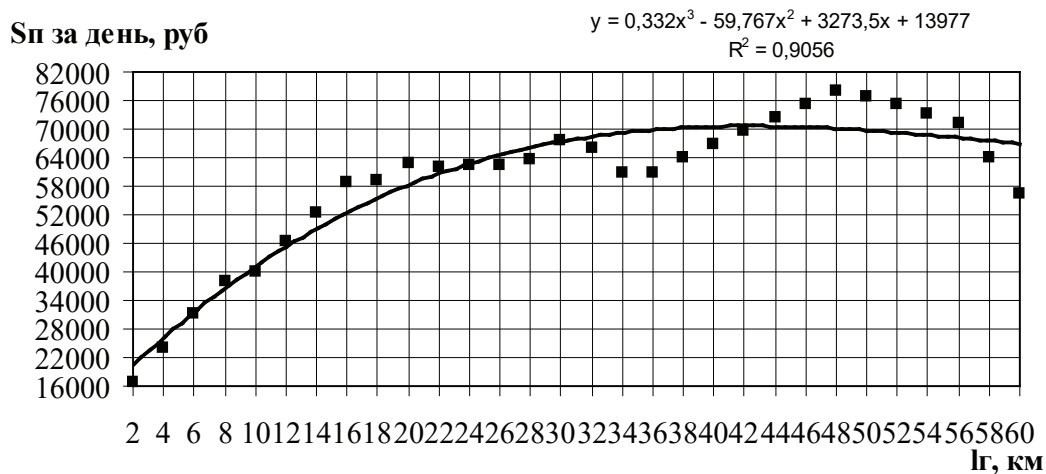


Рисунок 5 – Зависимость  $S_n=f(l_g)$  при  $l_g = 2, 4, 6 \dots 60$  км,  $\Delta l_g = 2$  км

Коэффициент детерминации уравнения  $R^2$  показывает долю меры разброса (дисперсии) зависимой переменной, объясняемую рассматриваемой моделью. Чем ближе  $R^2$  к 1, тем качественнее регрессионная модель, т.е. построенная модель хорошо аппроксимирует исходные данные. Для статистической оценки

точности уравнения связи используется также средняя ошибка аппроксимации. Чем меньше теоретическая линия регрессии (рассчитанная по уравнению) отклоняется от фактической (эмпирической), тем меньше средняя ошибка аппроксимации. Ее величина не должна превышать 5-7 % [11, с. 133, 12 с. 87].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9056$  говорит о высокой объясняющей способности уравнения (4), средняя относительная ошибка аппроксимации  $A = 6,73 \%$  – это позволяет утверждать, что установленная регрессионная зависимость влияния  $I_e$  на  $S_n$  в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ адекватно описывает исследуемый процесс [11, с. 133, 12 с. 87].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев Л. Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки : учебник для студ. вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1984. – 333 с.
2. Федосеев Е. С. Практика перевозок грузов подвижным составом ООО «АТП-6» в городе Омске / Е. С. Федосеев // Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов №8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектура, Строительство, Транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). – Омск: Полиграфический центр КАН, 2015. – С. 262-263
3. Витвицкий Е. Е. Средняя автотранспортная система перевозок грузов в городах / Е. Е. Витвицкий, Е. С. Федосеев // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы,

перспективы, новации», 7-9 декабря 2016 г. / под ред. Е. Е. Витвицкого. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – С. 191-194

4. Николин, В. И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: монография / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. – Омск: Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. – 480 с.

5. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.

6. Николин В. И. Справочник по коммерческой эксплуатации грузовых автомобилей (Часть 1) / В. И. Николин, А. В. Терентьев, М. Г. Рихтер. – Омск, 1991. – 112 с.

7. Горев А. Э. Грузовые автомобильные перевозки : учебное пособие для студ. вузов / А. Э. Горев. – 5-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

8. Айтбагина Э. Р. Влияние расстояния перевозок грузов на производственную себестоимость в совокупности микро автотранспортных систем при «инсорсинге» / Э. Р. Айтбагина, Е. Е. Витвицкий, Н. И. Юрьева // Вестник СибАДИ. – 2017. № 1 (53). – С. 135-143

9. Агеева Л. И. Транспорт и связь в России : статистический сборник / Л. И. Агеева [и др.] – Изд-во «Росстат», 2012. – 303 с.

10. Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельные расценки для оплаты труда водителей. – М. : Экономика, 1990. – 49 с.

11. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия [Текст]: учебное пособие / Г. В. Савицкая. – 7-е изд., испр. – Мн. : Новое знание, 2002. – 704с.

12. Елисеева И. И. Эконометрика : учебник / И. И. Елисеева, С. В. Курышева, Т. В. Костеева и др.; под ред. И. И. Елисеевой. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

## THE INFLUENCE OF THE DISTANCE ON THE RESULTS OF THE WORK GROUP OF VEHICLES FOR THE CARGO TRANSPORTATION BY THE SUPPLIER

E.R. Aytbagina, E.E. Vitvitskiy

**Annotation.** The article extends the theory of automobile cargo transportation on the influence of distance on the results of the work group of vehicles. Made the solution the task of operational planning of transportation of bricks on pallets by automobile transport in the city, defined output in tons, ton-km, the production cost in a individual day of work for each distance of the considered range, established the dependence of the production cost from increasing the distance of cargo transportation verified the adequacy of the test process.

**Keywords:** the results of the work group of vehicles, distance, set of small auto transport systems.



1. Afanasev L.L., Ostrovskiy N.B., Tsukerberg S.M. Edinaya transportnaya sistema i avtomobilnyie perevozki [A unified transport system and automobile transportation: the textbook for stud. Universities]. Moscow, Transport, 1984, 333 p.
2. Fedoseenkova E.S. [The practice of cargo transportation by rolling stock OOO "ATP-6" in the city Omsk]. Razvitie teorii i praktiki gruzovyih avtomobilnyih perevozok, transportnoy logistiki: sbornik nauchnyih trudov kafedryi №8 «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Arhitektura, Stroitel'stvo, Transport» (k 85-letiyu FGBOU VPO «SibADI»), Omsk, Poligraficheskij centr KAN, 2015, pp. 262-263.
3. Vitvitskiy E.E., Fedoseenkova E.S. [Average auto transport system of cargo transportation in cities]. Razvitie teorii i praktiki avtomobilnyih perevozok, transportnoy logistiki: sbornik nauchnyih trudov kafedryi «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Arhitekturno-stroitelnyiy i dorozhno-transportnyiy kompleksyi: problemyi, perspektivy, novatsii» (7-9 December), Omsk, "SibADI", 2016, pp. 191-194.
4. Nikolin V.I., Vitvitskiy E.E., Mochalin S.M. Gruzovyye avtomobilnyie perevozki [Freight automobile transportation]. Omsk, "Option-Siberia", 2004, 480 p.
5. Vorkut A.I. Gruzovyye avtomobilnyie perevozki [Freight automobile transportation]. Kiev, Vysshaya shkola, 1986, 447 p.
6. Nikolin V.I., Terentev A.V., Rihter M.G. Spravochnik po kommercheskoy ekspluatatsii gruzovyih avtomobiley [Handbook of commercial exploitation of freight autotransport (Part 1)]. Omsk, 1991, 112 p.
7. Gorev A.E. Gruzovyye avtomobilnyie perevozki [Freight automobile transportation]. Moscow, Publishing center "Academy", 2008, 288 p.
8. Aytbagina E. R., Vitvitskiy E.E., Yureva N.I. Vliyanie rasstoyaniya perevozok gruzov na proizvodstvennyuyu sebestoimost' v sovokupnosti

12. Eliseeva I. I., Kuryshva S. V., Kosteeva T. V. *Ekonometrika* [Econometrics]. Moscow, Finance and statistics, 2002, 344 p.

Eugenie E. Vitvitskiy (Omsk, Russia) – Dr. Sci. Sciences, Professor, Head of Department “Organization of transportation and transport management» Federal State Institution of Higher Education “Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)” (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: [kaf\\_oput@sibadi.org](mailto:kaf_oput@sibadi.org), 8 (3812) 65-37-04).

## ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА НАГРЕВА КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Н.Г. Певнев, А.В. Залознов  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** В настоящей статье рассмотрен нестационарный процесс теплопередачи на стадии прогрева трехкомпонентного каталитического нейтрализатора (КН) отработавших газов двигателя внутреннего сгорания. Разработана и описана математическая модель расчета времени прогрева твердой структуры КН. Исходными данными являются конструктивные параметры и скоростной режим работы двигателя, температура окружающего воздуха, геометрические и теплофизические параметры КН. Алгоритм расчета времени прогрева КН включает последовательно тепловой расчет двигателя внутреннего сгорания, расчет тепловых потерь в выпускном коллекторе, расчет тепловых потоков в КН. Описанная математическая модель позволяет производить расчеты времени прогрева КН до его рабочей температуры при разных задаваемых исходных данных. Анализ получаемых результатов дает возможность определить условия для сокращения времени прогрева КН и, как следствие, для повышения эффективности его работы.

**Ключевые слова:** трехкомпонентный нейтрализатор, эффективность нейтрализации, нестационарный процесс теплопередачи, время прогрева каталитического нейтрализатора.

### ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность автомобильного транспорта, в соответствии с Правилами ЕЭК ООН для удовлетворения требований Евро-3, ..., Евро-6, сегодня в значительной степени определяется свойствами систем питания и нейтрализации вредных выбросов в отработавших газах (ОГ) ДВС, которыми оснащаются современные транспортные средства.

В частности, к устройствам, входящим в систему обезвреживания ОГ, относятся трёхкомпонентные каталитические окислительно-восстановительные нейтрализаторы с  $\lambda$ -зондом, которые на сегодняшний день являются наиболее распространённой и эффективной системой очистки ОГ. Скорость и эффективность процессов нейтрализации ОГ зависит от температуры катализатора. Чем выше температура катализатора, тем выше скорость химических реакций, сопровождающих процесс катализа, и качественнее нейтрализация вредных веществ. Эта температура определяет эффективность его работы в процессе всего ездового цикла испытаний (Правила 83 ЕЭК ООН). Современный каталитический нейтрализатор (КН) позволяет уловить более 90 % токсичных соединений, содержащихся в

ОГ бензинового двигателя. Но несмотря на очевидный эффект от использования таких нейтрализаторов они обладают малой эффективностью при пуске и прогреве. Не успевший прогреться до рабочей температуры КН практически бездействует. Следует учитывать, что нейтрализатор начинает обезвреживать не менее 50% вредных выбросов, снижая концентрации СО и СН в ОГ, при его прогреве как минимум до 220–250 °С. [1]

Поскольку КН начинает эффективно работать только при достаточно высоких температурах, то в целях улучшения его рабочих характеристик необходимо проведение углубленного исследования, что позволит разработать мероприятия, сокращающие время прогрева нейтрализатора и, следовательно, увеличить его эффективность. Теоретическая база для исследования требует создания математической модели процессов теплообмена и физико-химических процессов гетерогенного катализа.

### ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА

Различают три вида передачи теплоты: теплопроводностью; конвективным теплооб-

меном; излучением. В большинстве случаев в различных тепловых процессах имеют место одновременно все три вида теплопередачи с преобладанием какого-либо из них.

Бортовой КН можно рассматривать как однородную проточную термодинамическую систему, рабочим телом которой являются отработавшие газы двигателя, протекающие по каналам каталитических блоков. Исследуемый процесс прогрева КН является неустановившимся, температурное поле изменяется с течением времени. Таким образом, изучаемые процессы теплоотдачи являются нестационарными. [2]

Оценка времени прогрева КН до рабочей температуры основывается на уравнении теплового баланса, выражающее закон сохранения энергии:

$$Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВХОД}} + Q_{\text{КАТ}} = Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВЫХОД}} + Q_{\text{ОКР}} + Q_{\text{НАГР}} \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВХОД}}$  – тепловой поток, приносимый с отработавшими газами в каталитический нейтрализатор;

$Q_{\text{КАТ}}$  – тепловой поток, выделяемый в реакторе КН в результате экзотермической реакции окислительного катализа;

$Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВЫХОД}}$  – тепловой поток, уносимый с отработавшими газами;

$Q_{\text{ОКР}}$  – тепловой поток, передаваемый в окружающую среду;

$Q_{\text{НАГР}}$  – тепловой поток, расходуемый на нагрев структуры конвертора.

### РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА $Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВХОД}}$ , ПРИВНОСИМОГО ВХОДЯЩИМИ ОГ В КН

Составляющими теплового потока  $Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВХОД}}$  являются:

$$Q_{\text{ОГ}}^{\text{ВХОД}} = Q_{\text{Г}} - Q_{\text{КОЛ}} \quad (2)$$

где  $Q_{\text{Г}}$  – тепловой поток, покидающий камеры сгорания ДВС с отработавшими газами;

$Q_{\text{КОЛ}}$  – тепловые потери в окружающую среду через стенки выпускного коллектора на участке от двигателя до КН.

Расчет  $Q_{\text{Г}}$ . На основе заданных исходных данных (тип двигателя, мощность  $N_e$ , частота вращения коленчатого вала  $n$ , число  $i$  и расположение цилиндров, отношение  $S/D$  хода поршня к его диаметру, степень сжатия  $\varepsilon$ , тип

топлива и его физико-химические параметры) проводят тепловой расчет двигателя, в результате которого возможно определить как саму величину теплового потока  $Q_{\text{Г}}$ , так и составляющие характеристики величины теплового потока – массовый расход  $G_{\text{ОГ}}$  и температура ОГ на выходе из камер сгорания. [3]

Расчет  $Q_{\text{КОЛ}}$ . Поток горячих отработавших газов, проходя через каналы выпускного коллектора, теряет часть тепловой энергии, охлаждаясь вследствие теплопередачи через стенки в окружающую среду.

Выпускной коллектор фактически является рекуперативным теплообменным аппаратом, в котором теплота от проходящих горячих ОГ передается к холодной окружающей атмосфере через разделяющую их непроницаемую стенку. В настоящей математической модели считаем, что теплообмен происходит в стационарном режиме, т.е. структурный материал выпускного коллектора уже прогрет до равновесной температуры, соответствующей текущему режиму работы двигателя. Таким образом, нестационарный режим прогрева стенок выпускного коллектора не учитывается.

Тепловой поток, рассеиваемый в атмосфере, рассчитывается по уравнению теплопередачи для рекуперативного теплообменного аппарата [2]:

$$Q_{\text{КОЛ}} = kF\Delta T \quad (3)$$

где  $\Delta T$  – средняя разность температур (средний температурный напор), град.

$F$  – площадь поверхности теплообмена, м<sup>2</sup>. Для круглой трубы выпускного коллектора рассчитываем по формуле:

$$F = \pi dl \quad (4)$$

где  $l$  – длина трубы выпускного коллектора, м.

$d$  – расчетный диаметр, м. При определении расчетного диаметра  $d$  необходимо учитывать следующее правило: в качестве расчетного диаметра принимать диаметр со стороны меньшего значения коэффициента теплоотдачи.

$k$  – средний коэффициент теплопередачи через стенку, разделяющую теплоносители, Вт/(м<sup>2</sup>·К). Так как коэффициент  $k$  сам является функцией температуры, то для повышения точности расчетов дифференцируем уравнение (3) по длине трубы выпускного коллектора. При этом можно принять допущение, что сред-

ний температурный напор  $\Delta T$  на каждом элементарном участке длины коллектора остается величиной постоянной. Соответственно, постоянным можно считать и коэффициент  $k$ .

Коэффициент теплопередачи для тонкостенных труб, для которых выполняется условие  $d_{\text{нар}}/d_{\text{вн}} < 2$ , можно рассчитывать по формулам теплопередачи через плоскую стенку. В этом случае погрешность расчета не превышает 4 %. При этом  $\delta = (d_{\text{нар}} - d_{\text{вн}})/2$  – толщина стенки трубы, м.

Коэффициент теплопередачи через плоскую стенку рассчитывают по формуле [2]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5)$$

где  $\delta$  – толщина стенки выпускного коллектора;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала стенки коллектора. Выбирается по справочным данным [4].

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи со стороны горячего и холодного теплоносителей;

Коэффициенты теплоотдачи со стороны горячего потока ОГ и со стороны холодного окружающего воздуха ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  соответственно) находим по эмпирическим критериальным формулам, подбираемым в зависимости от вида теплообмена, характера и режима течения, расположения поверхности теплообмена. Общая формула для расчета коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha = \frac{Nu_d \lambda_r}{d} \quad (6)$$

где  $Nu_d$  – число Нуссельта. Рассчитываем по критериальным уравнениям.

$\lambda_r$  – теплопроводность газовой среды (отработавшие газы или воздух). Выбирается по справочным данным в зависимости от температуры [4].

$d$  – диаметр трубы.

Расчет коэффициента теплоотдачи  $\alpha_1$  от потока ОГ к стенке выпускного коллектора. Считаем, что теплоотдача внутри каналов выпускного коллектора происходит в условиях вынужденной конвекции при турбулентном режиме течения ОГ при горизонтальном расположении труб. Тогда, расчет числа Нуссель-

та возможно произвести по критериальному уравнению М.А. Михеева [4]:

$$Nu_1 = 0,021 Re^{0,8} Pr_f^{0,43} \quad (7)$$

Расчет коэффициента теплоотдачи  $\alpha_2$  от стенки выпускного коллектора в окружающую среду. Допускаем, что теплоотдача снаружи выпускного коллектора происходит в условиях свободной конвекции (свободного движения) в окружающее неограниченное пространство.

В развитии свободного движения форма тела играет второстепенную роль. Здесь большее значение имеют протяженность поверхности, вдоль которой происходит движение, и ее положение. Закономерность изменения числа Нуссельта для расчета средней теплоотдачи для горизонтальных труб диаметром  $d$ , расположенных в воздухе, имеет вид (формула И.М. Михеевой [4]):

$$Nu_2 = 0,46 Gr_{d,f}^{0,25} \quad (8)$$

Вычисляя числа Нуссельта и подставляя их значение в формулу (6), определяем локальные коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , характерные для конкретного температурного напора  $\Delta T$ , соответствующего участка длины выпускного коллектора. После этого возможно рассчитать средний коэффициент  $k$  теплопередачи через стенку коллектора, разделяющую ОГ и атмосферу. Подставляя значение коэффициента в формулу (3), определяем потери тепла  $Q_{\text{кол}}$  от выпускного коллектора в окружающий воздух.

Подставляя рассчитанные значения  $Q_r$  и  $Q_{\text{кол}}$  в формулу (2), получаем значение  $Q_{\text{ОГ}}^{\text{вход}}$ .

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА НАГРЕВА КН

А) температура  $T_{\text{окр}}$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{в}}$  окружающего воздуха.

Б) физические параметры материала стенок КН – плотность  $\rho_{\text{мат}}$ , удельная теплоемкость  $C_{\text{мат}}$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{мат}}$

В) температура  $T_{\text{ог}}$  и массовый расход  $G_{\text{ог}}$  потока ОГ на входе в КН;



Г) теплофизические параметры потока ОГ, зависящие от его температуры: плотность  $\rho_{\text{ОГ}}$ , удельная теплоемкость  $C_{\text{ОГ}}$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{ОГ}}$ , кинематическая вязкость  $\nu_{\text{ОГ}}$ . Выбираются по справочным данным в зависимости от температуры [4].

Число Прандтля  $Pr$ . Критерий Прандтля является теплофизической характеристикой теплоносителя. Характеризует соотношение между скоростью обмена механической энергией между частицами (за счет вязкости) и скоростью обмена тепловой энергией (за счет теплопроводности) – мера подобия температурных и скоростных полей в потоке.

Д) Геометрические параметры КН. Внутреннее устройство твердой структуры КН выполнено в виде монолитного блока различной формы и размеров, в котором имеется множество продольных каналов (Рисунок 2). Поперечное сечение катализатора представляет из себя сотовую структуру, образованную стальными или керамическими стенками.

В настоящее время наиболее часто применяемыми (примерно 85% от общего количества) являются КН, изготовленные на керамических носителях, имеющие удельную плотность каналов в пределах от 15 до 78 шт./см<sup>2</sup>, что соответствует индивидуальным размерам ячейки  $L$  около 1,25 мм. Толщина стенок каналов в керамической основе  $\delta$  составляет около 0,15 мм (Рисунок 3).

Все более широкое распространение получают каталитические блоки на металлических носителях (Рисунок 1), имеющие удельную плотность каналов в пределах от 15 до 78 шт./см<sup>2</sup>, что соответствует индивидуальным размерам ячейки  $L$  от 1,1 до 2,5 мм. Все чаще используются каталитические блоки с высокой удельной плотностью каналов. Толщина стенок каналов в металлической основе  $\delta$  составляет около 0,05 мм. [5].

Для расчетов в настоящей математической модели принимаем следующие значения геометрических параметров КН:

- индивидуальный размер ячейки  $L = 1,15$  мм;
- удельная плотность каналов составляет  $n = 1/L^2 = 0,75$  шт./мм<sup>2</sup>;
- толщина стенок каналов  $\delta = 0,1$  мм;
- радиус скругления  $R = 0,02$  мм;
- толщина воздушного теплоизолирующего зазора между тепловым экраном КН и

внутренним корпусом каталитического блока  $\delta_{\text{т.з.}} = 2$  мм;

- толщина виброизолирующего материала между внутренним корпусом КН и каталитическим блоком  $\delta_{\text{вибро}} =$  мм.

При известных внешних геометрических размерах КН возможно вычислить геометрические параметры внутренней структуры каталитического сотового блока, рассчитать количество газопроводящих каналов.

Для наиболее распространенных КН цилиндрической формы.

Площадь поверхности корпуса нейтрализатора:

$$F_{\text{корпуса}} = \pi d_{\text{корпуса}} l_{\text{корпуса}} \quad (9)$$

где  $l_{\text{корпуса}}$  – длина корпуса каталитического нейтрализатора.

$d_{\text{корпуса}}$  – внешний диаметр корпуса каталитического нейтрализатора.

Диаметр каталитического блока:

$$d_{\text{блока}} = d_{\text{корпуса}} - 2(\delta_{\text{т.з.}} + \delta_{\text{вибро}}) \quad (10)$$

Общая фронтальная площадь каталитического блока:

$$F_{\text{блока}} = \frac{\pi d_{\text{блока}}^2}{4} \quad (11)$$

Количество каналов в монолитном блоке КН, шт.:

$$N = n F_{\text{блока}} \quad (12)$$

Открытая фронтальная площадь одного газопроводящего канала:

$$F_{\text{кан}} = (L - \delta)^2 - (4 - \pi)R^2 \quad (13)$$

Полный смоченный периметр одного газопроводящего канала:

$$\Pi_{\text{кан}} = 4(L - \delta) - 8R + 2\pi R \quad (14)$$

Эквивалентный диаметр канала катализатора. Размер, который определяет развитие процесса теплопередачи. При конвективном теплообмене в каналах прямоугольного, неправильного или сложного сечения в каче-



Рисунок 1 – Подборка доступной коммерческой линейки каталитических нейтрализаторов на металлической подложке Emites.

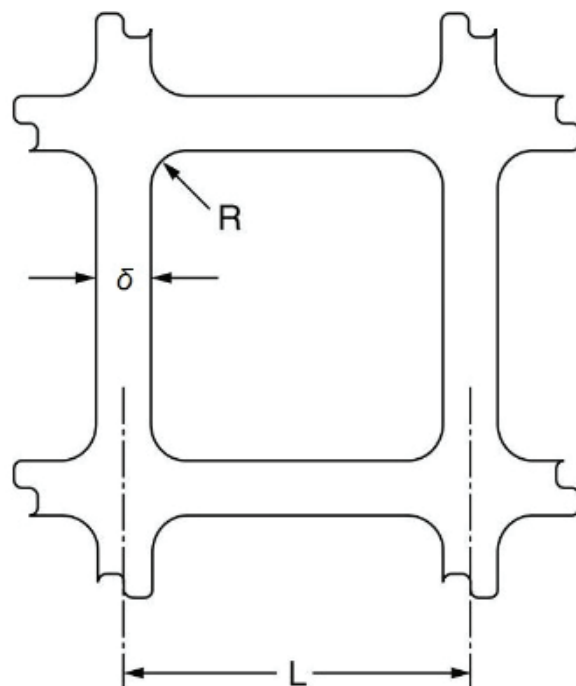


Рисунок 3 – Геометрические параметры квадратной ячейки в сечении

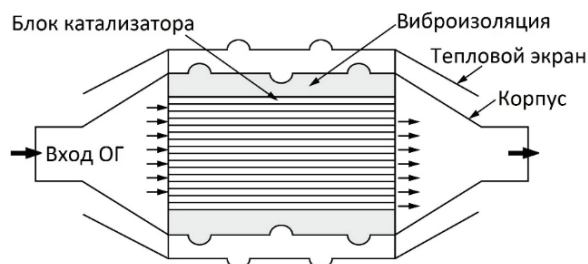


Рисунок 2 – Внутреннее устройство КН в продольном сечении

стве определяющего размера целесообразно использовать эквивалентный диаметр  $d_{\text{экв}}$ , равный учетверенной площади поперечного сечения канала  $F_{\text{кан}}$ , деленной на полный смоченный периметр сечения  $\Pi_{\text{кан}}$ :

$$d_{\text{экв}} = \frac{4F_{\text{кан}}}{\Pi_{\text{кан}}} \quad (15)$$

Площадь поверхности стенок КН:

$$F_{\text{стенок}} = \Pi_{\text{кан}} N l_{\text{корпуса}} \quad (16)$$

### РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА $Q_{\text{НАГР}}$ , РАСХОДУЕМОГО НА НАГРЕВ СТРУКТУРЫ КН

Так как процесс нагрева твердой структуры КН происходит за счет теплопередачи от горячих ОГ, то его можно разделить на две фазы, протекающие одновременно во времени: фазу конвективного теплообмена от горячего газа к поверхности твердой структуры и фазу теплопроводности от внешней границы стенки в ее сердцевину. [6]

Для правильной оценки и вычисления времени прогрева структуры КН до рабочей температуры необходимо оценить вклад каждой фазы процесса теплопередачи.

Нестационарные процессы теплопередачи описываются системой дифференциальных уравнений и условиями однозначности с большим количеством переменных. Попытки аналитического решения полной системы уравнений наталкиваются на серьезные трудности. Эти трудности помогает разрешить теория подобия. С помощью теории подобия размерные физические величины можно объединить в безразмерные комплексы, и рассматривать их как новые переменные. При введении в уравнения безразмерных комплексов число величин под знаком искомой функции формально

сокращается, что упрощает исследование физических процессов. Кроме того, новые безразмерные переменные отражают влияние не только отдельных факторов, но и их совокупности, что позволяет легче определить физические связи в исследуемом процессе.

Теория подобия устанавливает также условия, при которых результаты лабораторных исследований можно распространить на другие явления, подобные рассматриваемому. [7]

Фаза нестационарного процесса теплопроводности от внешней границы стенки КН в ее сердцевину. Для анализа этой фазы рассмотрим безразмерный критерий Био, который является важной характеристикой процесса теплопроводности:

$$Bi = \frac{\alpha_{ог} \cdot \delta}{2\lambda_{мат}} \quad (17)$$

где  $\alpha_{ог}$  – коэффициент теплоотдачи от потока ОГ к поверхности стенки, Вт/(м<sup>2</sup> · К)

Учитывая в настоящем исследовании очень малую величину толщины стенок КН, высокий коэффициент теплопроводности твердого материала структуры и относительно небольшой коэффициент теплоотдачи от газа к материалу, можно определить, что значение числа Био очень мало и практически стремится к нулю (примерно  $Bi \sim 10^{-4} - 10^{-5}$ ). При таких значениях критерия Био температура на поверхности стенки КН незначительно отличается от температуры в ее сердцевине. Это указывает на то, что температура по толщине стенки КН распределяется практически мгновенно равномерно. В этом случае процесс нагрева твердого материала определяется интенсивностью теплоотдачи на поверхности стенок КН. Иначе говоря, процесс выравнивания температуры в теле происходит существенно интенсивнее, чем конвективный теплообмен на поверхности. Задача становится внешней. Соответственно время температуропроводности внутри тела чрезвычайно мало и имеет небольшое значение в искомом времени нагрева твердой структуры КН. [2]

Фаза нестационарного конвективного теплообмена от горячего газа к поверхности твердой структуры оказывает основное влияние на время прогрева КН. При этом перенос теплоты осуществляется одновременно конвекцией и теплопроводностью. Под конвекцией теплоты понимают перенос теплоты при перемещении макрочастиц жидкости или газа в пространстве из области с одной темпера-

турой в область с другой. Конвекция теплоты всегда сопровождается теплопроводностью, так как при движении жидкости или газа неизбежно происходит соприкосновение отдельных частиц, имеющих различные температуры. Конвективный теплообмен между потоком газа и поверхностью соприкасающегося с ним тела называется теплоотдачей.

При расчетах теплоотдачи используют закон Ньютона-Рихмана:

$$Q_{НАГР} = \alpha_{ог} F_{стенок} (T_{ог} - T_c) \quad (18)$$

где  $T_c$  – температура стенки КН;

Процесс теплоотдачи является сложным процессом, а коэффициент теплоотдачи является сложной функцией различных величин, характеризующих этот процесс. В общем случае является функцией формы, размеров, температуры поверхности нагрева, скорости газа, его температуры, физических свойств газа – коэффициента теплопроводности, удельной теплоемкости, плотности, коэффициента вязкости и других факторов. Значение с достаточной точностью можно определить зная число Нуссельта:

$$\alpha_{ог} = \frac{Nu_d \cdot \lambda_{ог}}{d_{экв}} \quad (19)$$

где  $Nu_d$  – число Нуссельта, безразмерный критерий, характеризующий интенсивность теплообмена на границе стенка – газ.

Уравнение подобия для процессов конвективного теплообмена при вынужденном вязкостно-гравитационном движении теплоносителя в горизонтальных трубах и каналах имеет общий вид:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr) \quad (20)$$

В частности число Нуссельта при ламинарном вязкостно-гравитационном режиме течения может быть рассчитано по критериальному уравнению М.А. Михеева [4]:

$$Nu_d = 0,15 Re_d^{0,32} Pr_{ог}^{0,33} (Gr Pr_{ог})^{0,1} \varepsilon_t \varepsilon_l \quad (21)$$

где  $Pr_{ог}$  – число Прандтля, соответствующее температуре потока ОГ.

$\varepsilon_t$  – температурная поправка

$$\varepsilon_t = \left( \frac{Pr_{ог}}{Pr_c} \right)^{0,25} \quad (22)$$



$Pr_c$  – число Прандтля, соответствующее температуре стенки канала;

$\varepsilon_l$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на теплоотдачу процесса гидродинамической стабилизации потока на начальном участке теплообмена. При соотношении длины канала к его диаметру более 50 коэффициент ;

$Re$  – критерий Рейнольдса, определяющий гидромеханическое подобие течений теплоносителей. Характеризует соотношение инерционных сил и сил вязкостного трения. Определяется по формуле [7]:

$$Re_d = \frac{\omega_{ог} \cdot d_{экв}}{\nu_{ог}} \quad (23)$$

где  $\omega_{ог}$  – скорость движения газа. Если принять в настоящей модели движение газа равномерным, то по известным величинам массового расхода  $G_{ог}$ , плотности ОГ  $\rho_{ог}$  и площади сечения катализатора можно вычислить значение скорости  $\omega_{ог}$  по формуле:

$$\omega_0 = \frac{G_{ог}}{\rho_{ог} N F_{кан}}.$$

При движении жидкостей и газов в трубах и каналах существуют ламинарный ( $Re_d \leq 2300$ ), турбулентный ( $Re_d \geq 10^4$ ) и переходный от ламинарного к турбулентному ( $Re_d \leq 10^4$ ) режимы течения флюида. Анализируя рассчитанные числа Рейнольдса, значения которых определены в интервале 20-100, то в рассматриваемых системах каталитических нейтрализаторов явно выраженный ламинарный режим течения потока отработавших газов [2].

$Gr$  – критерий Грасгофа. Характеризует подъемную силу, возникающую в жидком или газообразном теплоносителе вследствие разности плотностей.

$$Gr = \frac{g d_{экв}^3}{\nu_{ог}^2} \beta \Delta T \quad (24)$$

где  $g = 9,81$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;

$\beta$  – температурный коэффициент объемного расширения среды. Для газов определяется

$$\beta = \frac{1}{T_{ог}} \quad (25)$$

$\Delta T$  – характерный температурный напор, град. Разница температур в центре потока ОГ и вблизи стенки.

### РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА $Q_{окр}$ , ПЕРЕДАВАЕМОГО В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЧЕРЕЗ КОРПУС КН

Нагреваемый корпус каталитического нейтрализатора охлаждается, отдавая тепловую энергию в окружающую среду. Соответственно и поток горячих отработавших газов, проходя через каналы каталитического нейтрализатора, теряет часть тепловой энергии, охлаждаясь вследствие теплопередачи через стенки в окружающую среду.

Так как рассматриваемый процесс нагрева корпуса каталитического нейтрализатора является нестационарным, то и совместно протекающий процесс теплоотдачи от корпуса в окружающую атмосферу также является нестационарным. Температура корпуса изменяется от большей к меньшей по направлению движения потока ОГ внутри нейтрализатора. Иными словами, участки КН, расположенные ближе к выпускному коллектору, прогреваются раньше и имеют большую температуру, чем последующие. С течением времени горячий поток ОГ нагреет целиком весь корпус КН и, соответственно, вся поверхность корпуса нейтрализатора будет передавать тепло в окружающую среду. Таким образом, процесс теплоотдачи от корпуса КН в окружающую среду становится стационарным.

Установившийся тепловой поток, исходящий от нагретой всей поверхности корпуса КН и рассеиваемый в атмосфере, рассчитывается в соответствии с законом Ньютона-Рихмана по уравнению:

$$Q_{окр} = \alpha_B F_{корпуса} \Delta T \quad (26)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи от корпуса КН в окружающую среду;

$\Delta T$  – средняя разность температур между поверхностью корпуса КН и окружающим воздухом, град.

Для определения коэффициента теплоотдачи  $Q_{ок}$ , как и при расчете тепловых потерь от корпуса КН в атмосферу, допустим, что теплоотдача снаружи нейтрализатора происходит в условиях свободной конвекции (свободного движения) в окружающее неограниченное пространство. Коэффициент  $\alpha_B$  находим по эмпирическим критериальным формулам. Об-

щая формула для расчета коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha_B = \frac{Nu_d \lambda_B}{d_{\text{корпуса}}} \quad (27)$$

где  $Nu_d$  – число Нуссельта. Рассчитываем по критериальным уравнениям. Закономерность изменения числа Нуссельта для расчета средней теплоотдачи для горизонтальных труб, расположенных в воздухе, имеет вид (формула И.М. Михеевой [4]):

$$Nu_d = 0,46 Gr_{d,f}^{0,25} \quad (28)$$

где  $Gr_{d,f}$  – число Грасгофа.

$$Gr = \frac{g d_{\text{корпуса}}^3}{\nu_B^2} \frac{1}{T_B} \Delta T \quad (29)$$

$\Delta T$  – разница температур стенки корпуса и окружающего воздуха.

Вычислив число Нуссельта и подставляя его значение в формулу (27), определяем коэффициент теплоотдачи  $\alpha_B$ , характерный для конкретного температурного напора  $\Delta T$ .

После этого, подставляя значение коэффициента  $\alpha_B$  в формулу (26), возможно рассчитать потери тепла  $Q_{\text{окр}}$  от корпуса каталитического нейтрализатора в окружающую атмосферу.

### РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА $Q_{\text{кат}}$ , ВЫДЕЛЯЕМОГО В РЕАКТОРЕ КН В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КАТАЛИЗА

Как известно, во время холодного пуска и прогрева наибольшая часть вредных выбросов – это СО и СН. Выбросы же  $\text{NO}_x$  достигают своего максимума лишь на прогревом двигателя. Поэтому в данной модели рассматривалось только окисление СО и СН. Необходимо также рассмотреть и окисление  $\text{H}_2$ , так как эта реакция является дополнительным источником тепловой энергии.

Окисление водорода и окиси углерода происходит при более низких температурах, чем окисление углеводородов, для которых температура, при которой достигается заданная степень превращения, повышается по мере перехода от непредельных углеводородов к предельным и с уменьшением числа углеродных атомов в молекулах. Максимальное значение температуры соответствует окислению

наиболее стабильного из углеводородов – метана ( $\text{CH}_4$ ).

Окисление углеводородов делится на два этапа: это быстрое окисление  $\text{C}_3\text{H}_6$  (составляет 86 % от суммарного количества углеводородов) и медленное окисление  $\text{CH}_4$  (составляет 14 % от суммарного количества углеводородов).

Наличие СН в отработавших газах двигателей объясняется тем, что смесь в камере сгорания является неоднородной, поэтому у стенок, в переобогащенных зонах, происходит гашение пламени и обрыв цепных реакций. Содержание СН в выхлопных газах возрастает при дросселировании, при работе двигателя на режимах принудительного холостого хода (ПХХ, например, при торможении двигателем). При работе двигателя на указанных режимах ухудшается процесс смесеобразования (перемешивания топливовоздушного заряда), уменьшается скорость сгорания, ухудшается воспламенение и, как результат, - возникают его частые пропуски. Выделение СН вызывается неполным сгоранием вблизи холодных стенок, или если до конца сгорания остаются места с сильным локальным недостатком воздуха, недостаточным распыливанием топлива, при неудовлетворительном завихрении воздушного заряда и низких температурах (например, режим холостого хода). Углеводороды образуются в переобогащенных зонах, где ограничен доступ кислорода, а также вблизи сравнительно холодных стенок камеры сгорания.

В практических расчетах оценку теплового эффекта от сгорания на катализаторе окиси углерода  $Q_{\text{CO}}$ , суммы углеводородов  $Q_{\text{CH}}$  и водорода  $Q_{\text{H}_2}$  можно осуществить по выражениям [8]:

$$Q_{\text{CO}} = G_{\text{CO}} \cdot H_{\text{CO}} \cdot \text{CONV}_{\text{CO}} \quad (30)$$

$$Q_{\text{CH}} = G_{\text{CH}} \cdot H_{\text{CH}} \cdot \text{CONV}_{\text{CH}} \quad (31)$$

$$Q_{\text{H}_2} = G_{\text{H}_2} \cdot H_{\text{H}_2} \cdot \text{CONV}_{\text{H}_2} \quad (32)$$

где  $G_i$  – массовые расходы соответствующего вещества до КН. Массовые расходы соответствующего вещества зависят от режима работы двигателя и их можно посчитать исходя из процентного содержания в общей массе выхлопных газов;

$H_i$  – низшая теплотворная способность окисления вещества [3];

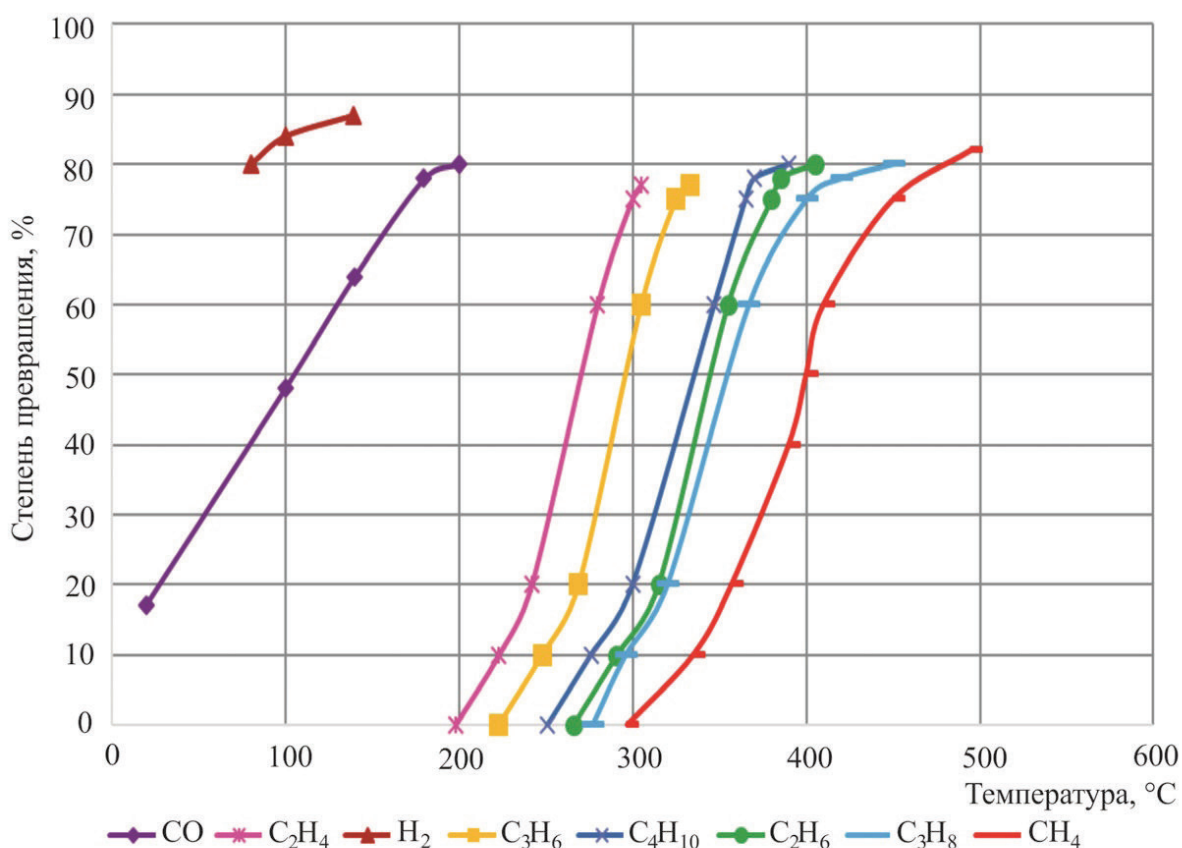


Рисунок 4 – Зависимость степени превращения окиси углерода, углеводородов и водорода на поверхности катализатора из благородного металла от температуры реакции

$CONV_i$  – процент конверсии вещества, зависящий от температуры катализатора. Для соответствующего вещества выбираем по графикам (Рисунок 4) [9].

Тогда суммарный тепловой эффект каталитической реакции составит:

$$Q_{\text{КАТ}} = Q_{\text{CO}} + Q_{\text{CH}} + Q_{\text{H}_2} \quad (33)$$

#### РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ПРОГРЕВА КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА

Для правильного расчета временных затрат на нестационарный процесс нагрева каталитического нейтрализатора необходимо учитывать, что входящий тепловой поток ОГ постепенно теряет некоторое количество тепла, затрачиваемое на нагрев стенок КН и на

потери в окружающую среду, но приобретает часть тепловой энергии за счет начинающейся экзотермической реакции окисления CO, CH и H<sub>2</sub>.

Поскольку по направлению течения теплоносителя температуры потока ОГ и стенок каталитического нейтрализатора переменны, то меняются значения и теплофизических параметров, которые влияют на значения критериев подобия  $Nu, Re, Pr, Gr$ . Следовательно, изменяются и значения коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_{\text{ОГ}}$  и  $\alpha_{\text{В}}$ .

Для повышения точности расчетов в настоящей математической модели следует продифференцировать уравнение теплового баланса (1) по длине катализатора. Это позволяет принять допущение, что температура потока отработавших газов на каждом элементарном участке (сечении) длины катализатора

$dx^i$  остается величиной постоянной.

Считаем, что в течение определенного времени пока не прогрелся первый элементарный участок, к последующим сечениям будет поступать охлажденный тепловой поток. По прошествии времени нагревания первого элементарного участка, ко второму участку начнет поступать полный тепловой поток ОГ, после полного нагревания второго участка полный тепловой поток начнет поступать к третьему элементарному участку катализатора и т.д.

Следовательно:

1. При постепенном охлаждении теплового потока ОГ, температура потока газа на каждом элементарном участке последовательно убывает ( $T_{\text{ОГ}}^1 > T_{\text{ОГ}}^2 > T_{\text{ОГ}}^3 > \dots > T_{\text{ОГ}}^i$ ), но остается постоянной в пределах участка.

2. За определенное время прогревания первого элементарного сечения, стенки катализатора на последующих участках также прогреваются, но до температуры меньшей, чем на предыдущих участках. Это является следствием уменьшения температурного напора ( $T_{\text{ОГ}}^1 - T_{\text{С}} > T_{\text{ОГ}}^2 - T_{\text{С}} > \dots > T_{\text{ОГ}}^i - T_{\text{С}}$ ).

3. Цель расчета состоит в последовательном определении температуры потока газа  $T_{\text{ОГ}}^i$ , температуры стенки  $T_{\text{С}}^i$  и времени прогрева  $\tau_i$  для каждого элементарного поперечного сечения КН.

Рассматривая процесс теплоотдачи на каждом отдельно взятом  $i$ -ом элементарном сечении катализатора для корректного расчета  $T_{\text{ОГ}}^i$  и  $T_{\text{С}}^i$ , необходимо определить тепловые потоки  $dQ_{\text{НАГР}}^i, dQ_{\text{ОКР}}^i, dQ_{\text{КАТ}}^i$ . Важно учитывать тепловые потери  $Q_{\text{ОКР}}$  и частичный подогрев  $Q_{\text{КАТ}}$  только от уже прогретых участков КН.

После чего корректируем и получаем входящий тепловой поток на следующее  $(i+1)$ -ое элементарное сечение КН по формуле:

$$(Q_{\text{ОГ}}^{\text{вход}})^{i+1} = (Q_{\text{ОГ}}^{\text{вход}})^i - dQ_{\text{НАГР}}^i - dQ_{\text{ОКР}}^i + dQ_{\text{КАТ}}^i \quad (34)$$

Из уменьшенного теплового потока  $(Q_{\text{ОГ}}^{\text{вход}})^{i+1}$  находим температуру потока отработавших газов на следующем элементарном сечении  $T_{\text{ОГ}}^{i+1}$ :

$$T_{\text{ОГ}}^{i+1} = \frac{(Q_{\text{ОГ}}^{\text{вход}})^{i+1}}{G_{\text{ОГ}} C_{\text{ОГ}}} \quad (35)$$

Для расчета времени прогрева твердой структуры стенок каталитического нейтрализатора определяющим уравнением является соотношение баланса, а именно, количество тепла, полученного телом, описываемое законом Фурье, равно количеству тепла, переданного теплоносителем, описываемого законом Ньютона-Рихмана [10]:

$$m_{\text{МАТ}} C_{\text{МАТ}} \frac{dT}{d\tau} = \alpha_{\text{ОГ}} F_{\text{стенок}} (T_{\text{ОГ}} - T_{\text{С}}) \quad (36)$$

Или после математических преобразований получаем формулу для времени  $\tau_i$  прогрева стенок  $i$ -ого элементарного участка КН:

$$\tau_i = - \frac{m_{\text{МАТ}} C_{\text{МАТ}} \ln \theta^i}{\alpha_{\text{ОГ}} F_{\text{стенок}}} \quad (37)$$

где  $\theta^i = \frac{T_{\text{ОГ}}^i - T}{T_{\text{ОГ}}^i - T_{\text{С}}^i}$  – безразмерная температура на  $i$ -ого элементарного участка КН;

$T$  – текущее значение температуры стенок КН.

Определив предварительно время  $\tau_i$  и температуру потока газа  $T_{\text{ОГ}}^{i+1}$ , преобразуя формулу (37), можно вычислить температуру нагрева стенки  $T_{\text{С}}^{i+1}$  для следующего  $(i+1)$ -ого элементарного участка:

$$T_{\text{С}}^{i+1} = T_{\text{ОГ}}^{i+1} - (T_{\text{ОГ}}^{i+1} - T_{\text{С}}^i) \exp\left(\frac{2\alpha_{\text{ОГ}}}{\delta \rho_{\text{МАТ}} C_{\text{МАТ}}} \tau_i\right) \quad (38)$$

Проинтегрировав время прогрева  $\tau_i$  для каждого элементарного поперечного сечения, получаем общее затраченное время на прогрев твердой структуры КН  $\tau$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Подробно рассмотрен нестационарный процесс теплопередачи на стадии прогрева трехкомпонентного каталитического нейтрализатора отработавших газов двигателя внутреннего сгорания.

2. Разработана и описана математическая модель расчета времени прогрева твердой структуры КН, которая учитывает распределение тепловых потоков при нестационарном процессе нагрева.

3. Приведенная математическая модель позволяет определить время прогрева КН до его рабочей температуры при разных задан-

ных условиях, учитывая при этом конструктивные параметры и скоростной режим работы двигателя; геометрические и теплофизические параметры КН; температуру окружающего воздуха.

4. Анализ получаемых результатов дает возможность определить условия для сокращения времени прогрева КН и, как следствие, для повышения эффективности его работы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильный справочник BOSCH: пер. с англ. ООО «СтарСПб». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
2. Исаченко, В.П. Теплопередача / – В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1975. – 483 с.
3. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособие / – В.П. Демидов. – М: Высш. шк., 2008. – 496 с.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / – И.М. Михеева. – М.: Энергия, 1976. – 345 с.
5. Cybulski, A. Structured Catalysts and

Reactors / – Jacob A. Moulijn. – USA: Taylor & Francis Group, 2006. – 809 с..

6. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена / – М: Атомиздат, 1979. – 416 с.

7. Андреенков, А.А. Решение внутренней задачи теплообмена с помощью критериальных уравнений : учеб. пособие / – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 44 с.

8. Ложкин, В.Н. К оптимизации теплового процесса катализа в матрицах автомобильных нейтрализаторов // Гавкалюк Б.В. – Технико-технологические проблемы сервиса. – 2010. – № 1(11). – С. 37-44.

9. Печеницына, Н.А. Снижение токсичности выхлопных газов за счет процессов каталитической нейтрализации // Рашевский Р.Б., Ширинкина Е.С. – Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2014. – № 4. – С. 27-35.

10. Нестационарные процессы теплопередачи // Теплоэнергетика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anastasia-myskina.ru/teploenergetika/1/114-2-8-nestacionarnye-processy-teploperedachi.htm> – Дата обращения 23.01.17.

## DESCRIPTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATION OF THE TIME OF NONSTATION HEATING PROCESS OF CATALYTIC NEUTRALIZER OF WASTE GASES

N.G. Pevnev, A.V. Zaloznov

**Abstract.** In this article reviewed the nonstationary process of heat transfer on warm-up stage of three-way catalytic converter of exhaust gases, installed on automobile with gasoline internal combustion engines. Developed and described a mathematical model for calculating the time of heating of the solid structure of the catalytic converter. The initial data are the design parameters and speed rotation mode of the engine, ambient temperature, geometric and thermophysical parameters of the catalytic converter. The algorithm of calculation of heating time of the catalytic converter includes sequentially the thermal design of the internal combustion engine, the calculation of heat losses in the exhaust manifold, the calculation of heat fluxes in the catalytic converter. The mathematical model allows calculating the heating time of the catalytic Converter to its operating temperature at different set of initial data. Analysis of obtained results enables to determine the conditions for shortening the time of heating of the catalytic Converter and, consequently, to improve the efficiency of its work.

**keywords:** three-way catalytic converter, the efficiency of neutralization, the nonstationary process of heat transfer, the warm-up time of the catalytic converter.

#### REFERENCES

1. Avtomobil'nyj spravocnik BOSCH [Automobile directory BOSCH]. Moscow, ООО Knizhnoe izdatel'stvo «За рулем», 2012. 1280 p
2. Isachenko V.P. Sukomel A.S., Osipova

V.A. Teploperedacha [Heat transfer].: Jenergiya, 1975. – 483 s.

3. Kolchin, A.I. Raschet avtomobil'nyh i traktornyh dvigatelej [Calculation of automobile and tractor engines: Textbook.] Moscow, Vysshshk,



2008. 496 p.

4. Miheev, M.A. Osnovy teploperedachi [Fundamentals of heat transfer]. Moscow, Jenergiya, 1976. 345 p.

5. Cybulski, A. Structured Catalysts and Reactors [Structured Catalysts and Reactors]. Jacob A. Moulijn. USA, Taylor & Francis Group, 2006. 809 p.

6. Kutateladze, S.S. Osnovy teorii teploobmena [Fundamentals of the theory of heat transfer]. Moscow, Atomizdat, 1979. 416 p.

7. Andreenkov, A.A. Reshenie vnutrennej zadachi teploobmena s pomoshh'ju kriterial'nyh uravnenij : ucheb. posobie [Solution of the internal heat transfer problem with the help of criterial equations]. Moscow, MG TU MAMI, 2011. 44 p.

8. Lozhkin, V.N. K optimizacii teplovogo processa kataliza v matricah avtomobil'nyh nejtralizatorov [To optimize the thermal process of catalysis in matrices of automotive neutralizers]. Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa, 2011, no 1(11). P. 37-44.

9. Pechenicyna, N.A. Snizhenie toksichnosti vyhlopnyh gazov za schet processov kataliti-cheskoj nejtralizacii [Decrease in toxicity of exhaust gases due to processes of catalytic neutralization]. Rashevskij R.B., Shirinkina E.S. Vestnik PNIPU, Prikladnaja jekologija. Urbanistika, 2014, no 4. 27-35.

10. Nestacionarnye processy teplopere-

dachi. Teplojenergetika. [Nonstationary Heat Transfer Processes. Teploenergetika]. [Jelektronnyj resurs]. <http://www.anastasia-myskina.ru/teploenergetika/1/114-2-8-nestacionarnye-processy-teploperedachi.htm>. Data obrashhenija 23.01.17.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Певнев Николай Гаврилович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org).*

*Pevnev Nikolai Gavrilovich (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department «Maintenance and repair of vehicles», Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org).*

*Залознов Алексей Васильевич (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Zaloznov Alexey Vasilyevich (Omsk, Russia) – postgraduate student department of «Maintenance and repair of vehicles», Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, pr. Mira, 5).*

=====

УДК 665.765

## ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

*С.В. Корнеев<sup>1</sup>, С.В. Пашукевич<sup>1</sup>, А.О. Тришкин<sup>1</sup>, Р.В. Буравкин<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия;*

*<sup>2</sup>ОАО «Сургутнефтегаз»*

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения характеристик моторного масла G-Profi PSN 40, разработанного для применения в газопоршневых двигателях силовых электростанций, которыми оснащаются разрабатываемые месторождения. Отражены вопросы, касающиеся изменения характеристик моторного масла в процессе использования и определения периодичности их замены. Рассматривается изменение таких характеристик моторных масел, как кинематическая вязкость, щелочное число, кислотное число, а также производится оценка трибологических свойств по содержанию продуктов износа. Сделаны выводы о целесообразности использования исследуемого моторного масла.

**Ключевые слова:** моторное масло, мощность, газопоршневый двигатель, охлаждающая жидкость, кинематическая вязкость.



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время газопоршневые электростанции соответствуют требованиям по долговечности и надежности, которые предъявляются к силовым электрическим источникам. Электроустановка на базе газопоршневого двигателя (ГПД) имеет широкий диапазон использования различного газообразного топлива, включая биогаз, может иметь необходимую мощность и пониженные выбросы в окружающую среду. Межремонтный период двигателей составляет не менее 65 000 моточасов. Высокая температура воды в рубашке охлаждения позволяет производить утилизацию тепла, а совместная выработка тепловой и электрической энергии может до 40 % снизить расходы на топливо, значительно повысить коэффициент полезного действия установки. Для электростанции G3516 возможна поставка модуля утилизации тепла, система подпитки и замены масла, электрооборудование, системы управления и прочее оборудование. Для применения вне специального помещения и эксплуатации в сложных условиях установки размещаются в модульных зданиях (блок-контейнерах), в которых поддерживается оптимальная температура и обеспечивается вентиляция помещения. В блок модуля возможно размещение всего дополнительного оборудования для функционирования теплоэлектростанции. Генераторные установки с утилизацией тепла имеют возможность применения на объектах, потребляющих тепловую и электрическую энергию.

Эксплуатация под наблюдением проводилась в период с декабря 2015 г. по март 2016 г. в соответствии с требованиями согласованной «Программы-методики». На протяжении всего периода подконтрольной эксплуатации контролировались базовые рабочие параметры ГПД. В ходе работ выполнялся отбор проб и их анализ в независимом испытательном центре. За время проведения опытно-промышленных испытаний было отобрано одна проба свежего и более 50 проб работавшего масла.

Лабораторный анализ проб работавших масел выполнялся в объеме согласованном в «Программе-методике» испытаний с определением следующих показателей:

- вязкость кинематическая при 40 и 100 °C;
- щелочное число;
- кислотное число;
- содержание элементов износа;
- содержание загрязнений;
- содержание активных элементов присадок;

- степень деградации;
- содержание воды;
- pH – кислотность.

## ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА МАСЛА

Кинематическая вязкость – это одна из важнейших характеристик моторного масла. В процессе эксплуатации кинематическая вязкость моторного масла меняется, отклонения данного показателя от установленных норм ведут к нарушению режима работы двигателя [1].

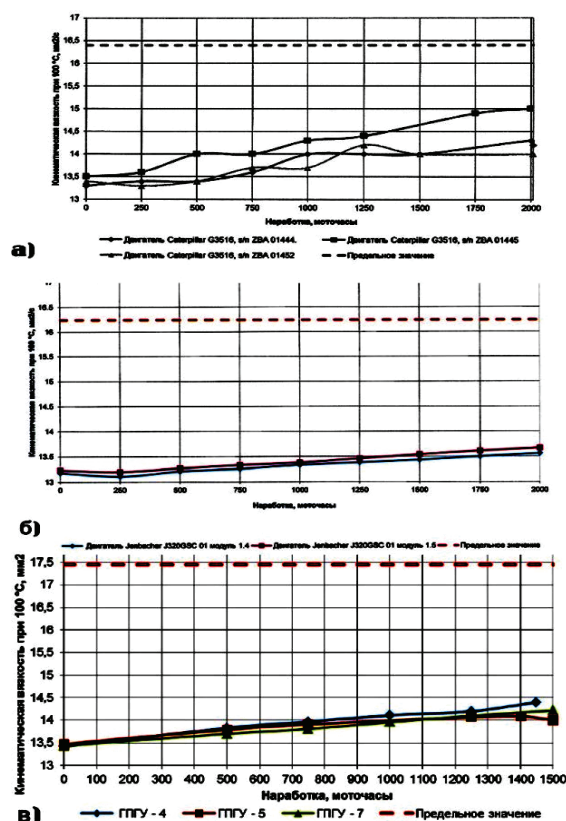


Рисунок 1 – Динамика изменения кинематической вязкости при 100 °C моторного масла G-Profi PSN 40 в двигателях:  
а) Caterpillar G 3516 s/n ZBA,  
б) Jenbacher J320GSC 01,  
в) Waukesha L5794 GSI

Предельное увеличение кинематической вязкости моторного масла при 100 °C, согласно нормам Caterpillar, не должно превышать 3.0 сСт от значения свежего масла. Значение кинематической вязкости свежего масла G-Profi PSN 40 равно 13,40 сСт, таким образом предельное значение кинематической вязкости работающего масла составляет 16,40 сСт.

На протяжении всего периода проведения испытаний кинематическая вязкость работающего масла G-Profi PSN 40 во всех подконтрольных двигателях находилась в пределах установленных норм. На момент завершения испытаний кинематическая вязкость составила:

- Caterpillar G 3516 s/n ZBA 01444 (наработка 2010 м/ч) – 14,2 сСт;
- Caterpillar G 3516 s/n ZBA 01452 (наработка 1997 м/ч) – 15,0 сСт;
- Caterpillar G 3516 s/n ZBA 01445 (наработка 2009 м/ч) – 14,0 сСт.

Согласно инструкции Waukesha, предельное увеличение кинематической вязкости моторного масла при 100 °С не должно превышать + 30 % от значения свежего масла. Значение кинематической вязкости при 100 °С партии свежего масла G-Profi PSN 40, поставленного для проведения испытаний, равно 13,42 сСт, а значит, предельное значение кинематической вязкости работающего масла составит 17,45 сСт. На протяжении всего срока подконтрольной эксплуатации значения кинематической вязкости при 100 °С масла G-Profi PSN 40 находились в пределах установленных норм. На момент завершения испытаний значение кинематической вязкости при 100 °С составило:

- ГПГУ 4: 14,40 сСт; - ГПГУ 5: 14 сСт; - ГПГУ 7: 14,22 сСт; - ГПГУ 1: 13,28 сСт; - ГПГУ 7: 14,06 сСт.

Полученные результаты свидетельствуют о стабильности вязкостно-температурных свойств работающего масла G-Profi PSN 40.

Согласно нормам Jenbacher (инструкция TI 1000-0099B) максимальный прирост кинематической вязкости моторного масла при 100 °С, не должен превышать 3,0 сСт от значения свежего масла. Кинематическая вязкость при 100 °С партии свежего масла G-Profi PSN 40, поставленного для проведения испытаний, равна 13,24 сСт, таким образом, браковочное значение для масла G-Profi PSN 40 составит 16,24 сСт. В период подконтрольной эксплуатации значения кинематической вязкости при 100 °С масла G-Profi PSN 40 изменилась не значительно. На момент завершения испытаний значение кинематической вязкости при 100 °С составило:

- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.4 = 13,56 сСт
- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.5 = 13,67 сСт

Полученные результаты свидетельству-

ет о стабильности вязкостно-температурных свойств масла.

### МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИЕ И НЕЙТРАЛИЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА

Основным показателем диспергирующих и нейтрализующих свойств моторного масла является щелочное число. В ходе работы масла его щелочное число снижается вследствие срабатывания детергентно-диспергирующих присадок и накопления продуктов с кислотными свойствами (продукты окисления масла, продукты неполного сгорания топлива) [2.3]. Запас щелочного числа относительно установленного предельного значения определяет ресурс работоспособности моторного масла в конкретных условиях эксплуатации. Предельное значение щелочного числа работавшего масла, согласно инструкции Waukesha, не должно быть ниже 30% от значения свежего [4]. Значение щелочного числа свежего масла G-Profi PSN 40 равно 5,62 мгКОН/г., таким образом, для работающего масла G-Profi PSN 40 минимальный показатель щелочного числа составит 1,7 мгКОН/г. Показатели щелочного числа работающего масла на протяжении всего периода эксплуатационных испытаний в подконтрольных двигателях Waukesha не достигли предельного значения.

Кислотное число характеризует степень накопления в масле продуктов окисления. Его прирост, согласно нормам Waukesha, не должен превышать + 3 мгКОН/г к значению свежего масла. Кислотное число свежего масла было равно 0,64 мгКОН/г., таким образом, для работающего масла G-Profi PSN 40 предельным значение кислотного числа является 3,6 мгКОН/г.

Щелочное число работающего масла G-Profi PSN 40 достигло браковочного значения – в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.4 и в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.5 при наработке 1250 м/ч.

Прирост согласно нормам Jenbacher не должен превышать значения 2,5 мгКОН/г от значения свежего масла. Кислотное число свежего масла было равно 0,44 мгКОН/г таким образом, для G-Profi PSN 40 оно составит 2,94 мгКОН/г.

Кислотное число работающего масла достигло предельного значения:

- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.4 при наработке 1750 м/ч;
- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.5 при наработке 1500 м/ч.

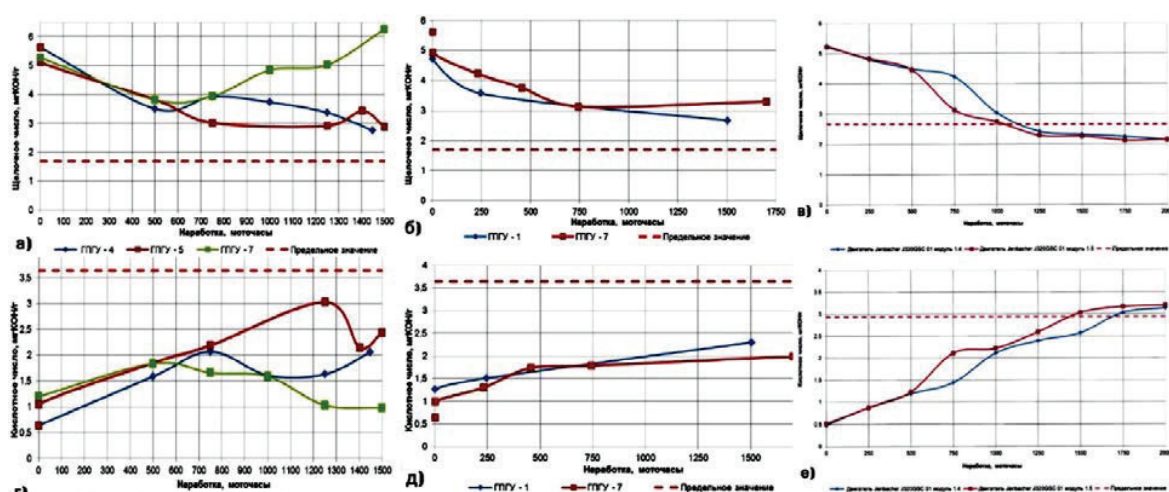


Рисунок 2 – Динамика изменения щелочного и кислотного чисел моторного масла G-Profi PSN 40 в подконтрольных двигателях:

а), б) – изменение щелочного числа от наработки для двигателей Waukesha L5794 GSI;  
в) – изменение щелочного числа от наработки для двигателей - Jenbacher J320GSC 01;  
г), д) – изменение кислотного числа от наработки для двигателей Waukesha L5794 GSI;  
е) – изменение кислотного числа от наработки для двигателей - Jenbacher J320GSC 01

## ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА

Железо (Fe) – основной индикатор процессов износа деталей цилиндро-поршневой группы, так как является основным компонентом основных деталей двигателя. Значение его содержания в работающем масле характеризует степень износа [5,6]. По нормативно-технической документации предельное значение концентрации железа в масле не должно превышать 25 ppm [7]. Концентрация

железа в работающем масле G-Profi PSN 40 на протяжении всего периода испытаний во всех подконтрольных двигателях оставалась ниже предельного значения. Также наблюдалось появление в масле незначительной концентрации другого элемента - алюминия (Al), но его содержание в подконтрольных двигателях не поднималось выше фоновых значений (2 - 3 мг/кг).

Также наблюдалось появление в масле незначительной концентрации других элементов

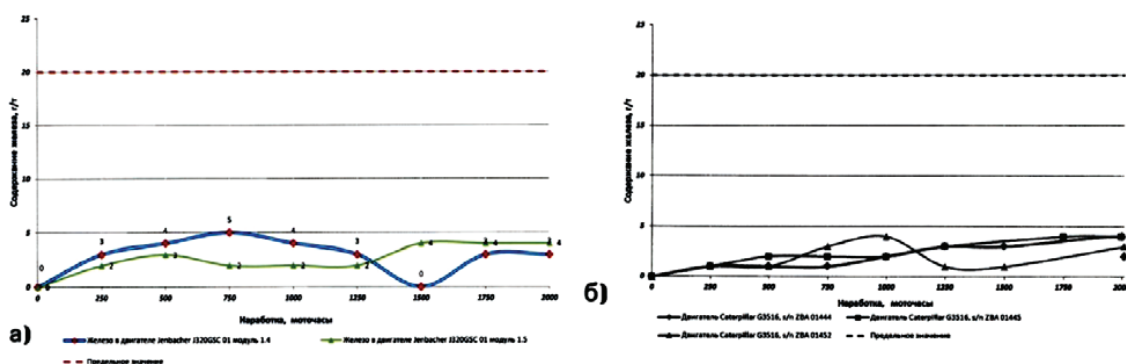


Рисунок 3. Динамика изменения содержания железа в моторном масле G-Profi PSN 40 для двигателей:  
а) - Caterpillar G3516 s/n ZBA; б) - Jenbacher J320GSC 01

меди, алюминия, но их содержание не поднялось выше фоновых значений (2-3 ppm). Только лишь в двигателе Caterpillar G3516, s/n ZBA 01452 зафиксирован небольшой всплеск концентрации меди (Cu) с последующей стабилизацией. Полученные результаты свидетельствуют о нормальном процессе износа оборудования и эффективной работе фильтрующих элементов.

### ПОПАДАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

а) Загрязнение охлаждающей жидкостью.

Основными индикаторами попадания охлаждающей жидкости в масло являются элементы натрия (Na) и калия (K). Попадая в моторное масло, охлаждающая жидкость способна существенно изменять свойства масла [8]. Попадание охлаждающей жидкости в моторное масло не было зафиксировано. В большинстве отобранных работающих масел всех подконтрольных двигателей концентрация натрия равна нулю.

б) Загрязнение атмосферной пылью.

Индикатором попадания в моторное масло атмосферной пыли является такой элемент, как кремний (Si). Низкий уровень содержания кремния в двигателях говорит об отсутствии загрязнения масла G-Profi PSN 40. Только в двигателе Caterpillar G3516, s/n ZBA 01452 зафиксировано разовое увеличение концентрации кремния ( $Si = 10 \text{ ppm}$ ), что, в свою очередь, обуславливает кратковременное увеличение концентрации меди в этом же двигателе.

в) Загрязнение водой.

Вода в моторном масле на протяжении всего периода испытаний во всех подконтрольных двигателях отсутствовала.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что моторное масло G-Profi PSN 40 в течение всего периода подконтрольной эксплуатации (2250 м/ч) во всех двигателях Caterpillar G 3516 сохранило свою работоспособность и продемонстрировало стабильность всех основных физико-химических характеристик, что свидетельствует о высоком уровне его эксплуатационных свойств.

Все контролируемые физико-химические показатели масла G-Profi PSN40 подконтрольных двигателей Waukesha L5794GSI в течение всего периода испытаний находились в пределах нормативных значений, интервал замены масла G-Profi PSN 40 может быть не менее 1700 м/ч.

Рекомендуемый интервал замены G-Profi PSN 40 в условиях эксплуатации двигателей Jenbacher J320GSC01 составляет 1250 м.ч.

В период испытаний не было выявлено загрязнения масла антифризом и атмосферной пылью, что отражает хорошее состояние двигателей и высокий уровень технического обслуживания.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев С.В. О работоспособности моторных масел / Корнеев С.В. // Двигателестроение. -2014.- № 4.- С. - 36-38.

2. Качество моторных масел при обеспечении надежности и долговечности машин./ Утаев С.А.// Техника и технологии: Пути инновационного развития. материалы 11-й Международной научно-практической конференции 19-21 марта 2014 г./ Каршинский государственный университет. - Карши, 2014.-С. 250-251.

3. Газопоршневые установки в современных энергетических условиях / Галкина Н.И, Антонов А.А. // Строительство – 2015, материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона 16-17 мая 2015 г./ Ростовский государственный строительный университет.- г. Ростов-на-Дону, 2015. - С.154-156.

4. Основы химмотологии и физико-химические методы анализа. Определение физико-химических характеристик масел: методические указания к лабораторным работам/ ОмГТУ; сост - С.В.Корнеев, Азарова О.П., Шубенкова Е.Г.,Адяева Л.В., Пономаренко В.С -Омск, ОмГТУ, 2011. – 43 с.

5. Анализ качества моторных масел двигателя, работающего на газовом топливе / Утаев С.А. // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : материалы 11-й Международной научно-практической конференции 19-21 марта 2014 г./ Каршинский государственный университет. - Карши, 2014.-С. 238-240.

6. Химические изменения, протекающие в моторных маслах в ходе их эксплуатации / Корякина В.В., Тимофеева Е.Н. // Новые материалы и технологии в условиях Арктики. Материалы международного симпозиума 25-27 июня 2014 г. Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова.- Якутск, 2014. - С 46-51.

7. Обоснование предельной концентрации



элементов износа в моторном масле./ Королев А.Е. // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Материалы международной научно-практической конференции. МЦНС «Наука и Просвещение» 05 марта 2016г. / Государственный аграрный универси-

тет Северного Зауралья.- Пенза, 2016.- С. 53-56.

8. Нигматуллин Р.Г. Устройство для определения содержания охлаждающей жидкости в моторном масле./ Нигматуллин Р.Г, Констенков Д.М., Хафизова А.Г., Пелецкий С.С. // Мир измерений – 2011. -№3.- С.39-41.

## CHANGING CHARACTERISTICS OF MOTOR OILS IN GAS ENGINES OF GREAT POWER

S. V. Korneev, S. V. Pashkevich, A. O. Trishkin, R.V. Buravkin

**Abstract.** The article presents the results of studying the characteristics of engine oil G-Profi PSN 40, designed for use in gas engines of power plants fitted to mine. It reflects the issues of the changing characteristics of the engine oil during use and determine the frequency of their replacement. Examines the changing characteristics of engine oils as kinematic viscosity, base number, acid number, and also evaluated the tribological properties of the content of wear products. The conclusions about the feasibility of using the investigated engine oil.

**Keywords:** engine oil, power, gas-piston engine, the coolant has a kinematic viscosity.

### REFERENCES

1. Korneev, S.V. O rabotosposobnosti motornyh masel [About operability of engine oils]. Dvgatelestroyeniye. 2014. no. № 4, pp. 36-38.

2. Utaev S.A. Kachestvo motornyh masel pri obespechenii nadezhnosti i dolgovechnosti mashin.Tehnika i tehnologii [Quality of engine oils when ensuring reliability and durability of cars]. Materialy 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Puti innovacionnogo razvitiya» [Materials of the 11th International scientific and practical conference «Equipment and technologies: Ways of innovative development»]. 2014, pp. 250-251.

3. Galkina N.I., Antonov A.A. Gazoporshnevye ustanovki v sovremennyh jenergeticheskikh usloviyah

[Gas-piston installations in modern power conditions]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii « Stroitel'stvo – 2015» [Materials of the international scientific and practical conference «Construction – 2015»]. Rostov-on-Don, 2015, pp. 154-156.

4. Korneev S.V., Azarova O.P., Shubenkova E.G., Adjaeva L.V., Ponomarenko V.S. Osnovy himmotologii i fiziko-himicheskie metody analiza. Opredelenie fiziko-himicheskikh harakteristik masel: metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam [Bases of a himmotologiya and physical and chemical methods of the analysis. Definition of physical and chemical characteristics of oils:

methodical instructions to laboratory works]. Omsk, OmGTU, 2011, 43 p.

5. Utaev S.A. Analiz kachestva motornyh masel dvigatelja, rabotajushhego na gazovom toplive [The analysis of quality of engine oils of the engine using gas fuel]. Materialy 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye instrumental'nye sistemy, informacionnye tehnologii i innovacii» [Materials of the 11th International scientific and practical conference « Modern tool systems, information technologies and innovations»]. 2014, pp. 238-240.

6. Korjakina V.V., Timofeeva E.N. Himicheskie izmeneniya, protekajushhie v motornyh maslah v hode ih jekspluatacii [The chemical changes proceeding in engine oils during their operation]. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Novye materialy i tehnologii v usloviyah Arktiki» [Materials of the international symposium «New materials and technologies in the conditions of the Arctic»]. Yakutsk, Northeast federal university of M. K. Ammosov, 2014, pp. 46-51.

7. Korolev A.E. Obosnovanie predel'noj koncentracii jelementov iznosa v motornom masle [Justification of extreme concentration of elements of wear in engine oil]. Materials of the international scientific and practical conference «Basic and applied scientific research: topical issues, achievements and innovations» [Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Fundamental'nye i





## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день автомобили переживают не лучший период своей жизни. Постоянный рост цен на нефть, ужесточение экологических требований, рост appetites потребителей, ставят в неловкое положение основу автомобилей - ДВС. Который не смотря на ряд минусов, еще на протяжении многих десятилетий будет незаменим. Однако мы можем модернизировать, и всячески улучшать автомобильный ДВС в части получения большей эффективности и соответственно экономичности

Большинство таких технологий находиться все еще на стадии разработок, ожидая финансирования, или внедрены пока только в опытные образцы, для демонстрации своих возможностей.

Одним из перспективных направлений развития двигателестроения является не только применение альтернативных топлив таких как низшие спирты (метанол, биоэтанол, бутанол), природный и попутный нефтяные газы, растительные масла (специально выращиваемых сельскохозяйственных культур), водорода и т. д., но и различных добавок к основному моторному топливу. В первую очередь исследования ведутся с целью замены основного вида топлива на выпускаемых автомобилях без внесения в двигатель существенных конструктивных изменений, а также с целью изучения возможностей их комбинирования и применения в качестве добавок. Одновременно оценивается и влияние такой замены на состояние окружающей среды, индикаторные и эффективные показатели работы двигателя — они как минимум не должны ухудшаться, но и для достижения экономического эффекта и целесообразности модернизации двигателя должны быть улучшены.

Практически все перечисленные выше альтернативные виды топлива в состоянии заменить какую-то часть традиционного топлива только благодаря наличию в своем составе способных к окислению элементов.

Из всех видов альтернативных топлив особенно стоит выделить водород. Дело в том, что его добавка не только способна заменить энергоресурс части бензина или дизельного топлива. Его действие более интересно — водород обладает высокой скоростью диффузии, из чего вытекает его способность образовывать однородную смесь в камере сгорания за очень короткий промежуток времени [1]. Кроме того весьма значимым остаётся тот факт, что низшая удельная теплота сгорания

водорода примерно в 3 раза выше чем у бензина [2-4].

При горении водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) меньше примерно в 5 раз, чем у углеводородных топлив. Это доказывает высокую эффективность воздействия водорода на кинетику сгорания смеси во всем объеме [5-7]. Соответственно возрастает полнота сгорания топлива, и уменьшается эмиссия токсических веществ, что приводит к существенному снижению вредных выбросов остаточных углеводородов и сажи, а также окисей углерода и азота. Данный факт подтверждается испытаниями, проведенными Российским федеральным ядерным центром (РФЯЦ ВНИИЭФ) совместно с Институтом катализа им. Г.К. Борескова и ОАО «АвтоВАЗ» на моторном стенде Тольяттинского государственного университета (ТГУ) в 2004 году [3]. Испытания проводились на двигателе ВАЗ-21102 с добавками чистого водорода в бензино-воздушную смесь. Именно при этих испытаниях была показана возможность снижения выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$  без специальной обработки выхлопных газов (отсутствие каталитического нейтрализатора), повышение КПД двигателя и уменьшение расхода топлива [2].

## РАСЧЕТ ИНДИКАТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Успешное применение двигателей внутреннего сгорания, разработка опытных конструкций и повышение экологических и экономических показателей стали возможны в значительной мере благодаря исследованиям и разработке теории рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания.

Теоретически определить влияние добавки водорода на индикаторные и эффективные показатели работы двигателя возможно посредством проведения тепловых расчетов параметров. Это позволит с достаточной степенью точности аналитическим путем определить параметры двигателя с заданной конфигурацией, и сравнить их с аналогичным двигателем, работающим с применением иницирующей добавки.

Для решения поставленных задач необходимо произвести расчеты действующего двигателя при его работе на основном моторном топливе, а затем проводить расчеты с учетом добавки водорода к моторному топливу, с учетом различных соотношений моторное топливо - водород. В связи с этим исходные параметры двигателя будут браться из характеристик

существующего двигателя. Ниже частично приведены расчеты параметров четырехтактного двигателя с распределенным впрыском топлива и электронным управлением системой питания и зажигания, предназначенного для легкового автомобиля.

Для оценки технического уровня проектируемого, действующего или модернизируемого двигателя необходимо сравнить его показатели с показателями двигателя – предшественника, современного аналога или со среднестатистическими значениями этих показателей для большого числа ДВС. В первых двух случаях оценка позволяет установить перспективность двигателя, а в третьем его место в мировом развитии моторной техники.

Принято давать оценку технического уровня двигателей по совокупности индикаторных параметров и эффективных показателей.

Индикаторные параметры характеризуют рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания, к ним относят среднее индикаторное давление, индикаторный КПД и удельный расход топлива.

Эффективными показателями называют энергетические и экономические характеристики двигателя, реализуемые при работе его с потребителем получаемой в двигателе механической работы. Этими характеристиками являются, прежде всего среднее эффективное давление, эффективный удельный расход топлива, эффективный КПД. Часть из этих показателей являются основными при выборе или сравнении двигателей [8-10].

Рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания характеризуется средним индикаторным давлением, индикаторной мощностью и к.п.д.

Средним индикаторным давлением называют условное, постоянное по величине давление, при котором работа за один цикл равна работе газов в цилиндре. Среднее индикаторное давление рассчитывается по формуле 1 [8].

$$p_i' = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (1)$$

где  $p_c$  – давление в конце такта сжатия;

$\varepsilon$  – степень сжатия;

$\lambda$  – степень повышения давления;

$p$  – плотность топливно-воздушной смеси;

$n_1$  – средний показатель политропы сжатия;

$n_2$  – средний показатель политропы расширения;

Уменьшение теоретического среднего индикаторного давления вследствие отклонения действительного процесса от расчетного

цикла оценивается коэффициентом полноты диаграммы  $p_i$  величиной среднего давления насосных потерь  $\Delta p_i$ .

Индикаторный КПД,  $\eta_i$  характеризует степень использования в действительном цикле теплоты топлива для получения полезной работы и представляет собой отношение теплоты, эквивалентной индикаторной работе цикла, ко всему количеству теплоты, внесенной в цилиндр с топливом и определяется по формуле (2) [8].

$$\eta_i = \frac{p_i \cdot l_o \cdot \alpha}{H_u \cdot \rho_o \cdot \eta_v} \quad (2)$$

где:  $p_i$  – среднее индикаторное давление;

$l_o$  – теоретически необходимое количество воздуха необходимого для сгорания 1 кг топлива;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$H_u$  – низшая теплота сгорания топлива;

$\rho_o$  – плотность заряда на впуске;

$\eta_v$  – коэффициент наполнения.

Удельный расход топлива — отношение расхода топлива (на единицу расстояния или времени) к мощности или к тяге. Используется как характеристика топливной эффективности двигателей, а также транспортных средств в грузопассажирских перевозках. Единица измерения удельного расхода топлива зависит от выбора единиц для параметров, входящих в определение (объем или масса топлива, расстояние или время, мощность или тяга). Индикаторный удельный расход жидкого топлива определяется по уравнению 3 [8].

$$g_i = 3600 \cdot \frac{\rho_o \cdot \eta_v}{p_i \cdot l_o \cdot \alpha} \quad (3)$$

где  $\rho_o$  – плотность заряда на впуске;

$\eta_v$  – коэффициент наполнения;

$p_i$  – среднее индикаторное давление;

$l_o$  – теоретически необходимое количество воздуха необходимого для сгорания 1 кг топлива;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Среднее эффективное давление  $p_e$  является одним из важнейших показателей, характеризующих нагрузку двигателя, полноту и своевременность сгорания топлива, степень наддува и совершенство конструкции в целом. Среднее эффективное давление рассчитывается по формуле 4 [8].

$$p_e = p_i - p_m \quad (4)$$

где  $p_i$  – индикаторное давление;

$p_m$  – среднее давление механических потерь.

Отношение эффективного давления  $p_e$  к индикаторному давлению  $p_i$  называется механическим коэффициентом полезного действия определяется по формуле 5[8].

$$\eta_m = p_e / p_i \quad (5)$$

Механический КПД показывает, какая часть энергии, выделившейся в цилиндрах при сгорании топлива, расходуется на внутренние потери.

Эффективный КПД – характеристика двигателя, отражающая степень использования теплоты с учетом всех видов потерь как тепловых, так и механических. Представляет собой произведение индикаторного  $\eta_i$  и механического  $\eta_m$  КПД и рассчитывается по формуле 6.

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \quad (6)$$

Эффективный удельный расход топлива определяет экономичность двигателя. Эффективный удельный расход топлива  $g_e$  вычисляется по формуле 7[8].

$$g_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_e} \quad (7)$$

где  $H_u$  – низшая теплота сгорания топлива;

$\eta_e$  - эффективный КПД.

Результаты расчетов отобразим в виде графиков, где по оси абсцисс будет откладываться процентное содержание иницирующей водородной добавки по массе к основному моторному топливу, а по оси ординат будут откладываться значения индикаторных параметров и эффективных показателей.

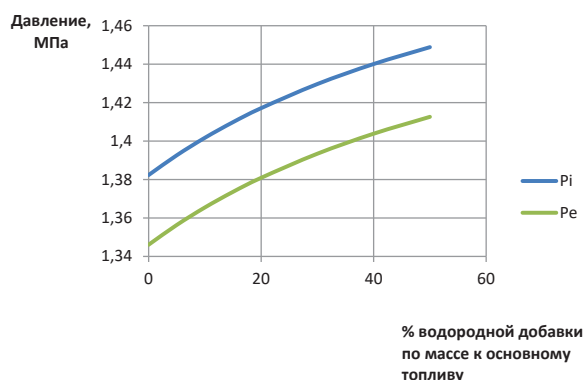


Рисунок 1 – Зависимость индикаторного и эффективного давлений от добавки водорода

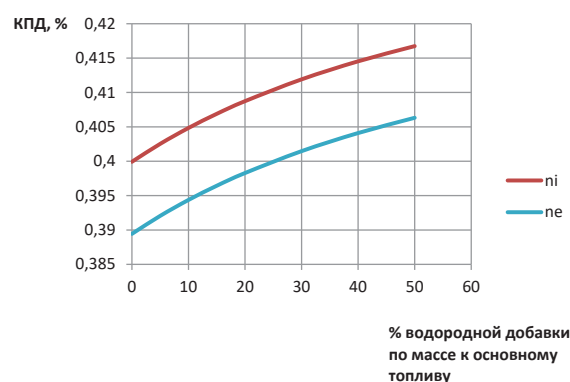


Рисунок 2 – Зависимость индикаторного и эффективного КПД от добавки водорода

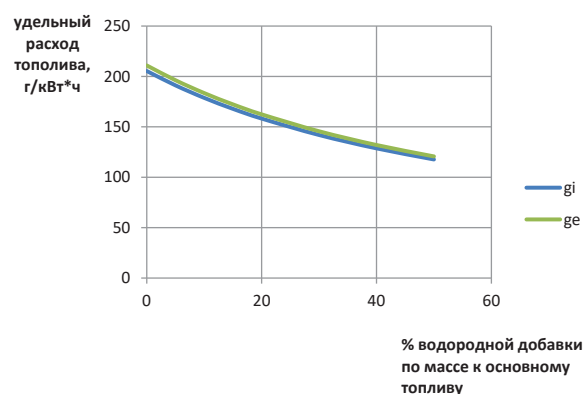


Рисунок 3 – Зависимость индикаторного и эффективного удельных расходов топлива от добавки водорода

Из графиков, представленных на рисунках 1-3 хорошо видно, что добавка водорода к основному моторному топливу положительно влияет на индикаторные параметры и эффективные показатели работы двигателя, а в частности увеличивает КПД, индикаторное и эффективное давление, снижает удельные расходы топлива. Однако, стоит отметить, что у нас нет физической возможности заменить большое количество основного моторного топлива водородом, это обусловлено физико-химическими свойствами водорода а именно его низкой плотностью. При дальнейших расчетах необходимо принимать в качестве ограничивающего фактора количество максимально возможной добавки водорода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате теплового расчета выявлено, что применение водорода в качестве иницирующей добавки к основному топливу может благоприятно отразиться на индикаторных параметрах и эффективных показателях работы двигателя.

2. Проведенные расчеты дают возможность принципиально установить влияние иницирующей добавки, подаваемой в камеру сгорания, на индикаторные параметры и эффективные показатели работы двигателя. Однако стоит отметить, что для достижения более точных результатов необходимо скорректировать расчеты с ограничивающего фактора - количества максимально возможной добавки водорода.

3. Ввиду того что на индикаторные параметры и эффективные показатели работы двигателя тесно связаны, то при дальнейших расчетах для оценки влияния иницирующей добавки к основному моторному топливу будет необходимо и достаточно отображать только эффективные показатели работы двигателя.

4. Для получения более полной картины влияния иницирующей добавки на работу двигателя, необходимо провести расчет с использованием модели, учитывающей геометрию камеры сгорания двигателя.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фомин, В.М. Водород как химический реагент для совершенствования показателей работы автомобильного двигателя с НВБ / В.М. Фомин, А.С. Платунов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4(22). – С. 30-39.

2. Певнев, Н.Г. Анализ свойств водорода с целью возможности его применения в качестве добавки к основному топливу / Н.Г. Певнев, В.В. Понамарчук / Прогрессивные технологии в транспортных системах. – 2015. – С. 304-309.

3. Перетрухин, С.Ф. Бортовой генератор синтез-газа для ДВС с искровым зажиганием

/ С.Ф. Перетрухин, О.Ф. Бризицкий, В.А. Кириллов, Н.А. Кузин, С.И. Козлов // Транспорт на альтернативном топливе, – 2010. – № 5(17). – С. 68-74.

4. Мацкерле Ю., Современный экономичный автомобиль / В. Б. Иванова, А. Р. Бенедиктова. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

5. Физико-химические свойства и способы добычи водорода / В.В. Понамарчук // Фундаментальные и прикладные науки - основа современной инновационной системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Студентов, аспирантов, и молодых учёных 02-13 фев. 2015 г. / СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 27-32.

6. Смоленская, Н.М. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием / Н.М. Смоленская, В.В. Смоленский, А.П. Шайкин // Прогресс транспортных средств и систем. – 2009. – С. 247-248.

7. Талда, Г.Б. Повышение топливной экономичности и снижение токсичности бензиновых двигателей добавкой водорода к бензину : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.04.02 / Г.Б.Талда ; науч. рук.доц. А.И. Мищенко ; Харьковский автомобильно-дорожный институт – Харьков, 1984. – 213 с.

8. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб.пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М. :Выш. шк., 2008. – 496 с.

9. Eriksson, L. Spark Advance Modeling and Control / L. Eriksson // Doctoral thesis. – 1999. - 207 с.

10. Heywood, J.B. Combustion and its modelling in spark-ignition engine / J.B. Heywood // International symposium COMODIA. – 1994. - 930 с.

## INFLUENCE OF HYDROGEN ADDITIVE TO FUEL, ON INDICATOR AND EFFECTIVE PARAMETERSAUTOMOBILE ICE

N.G. Pevnev, V.V. Ponamarchuk

**Abstract.** The idea that use of hydrogen as the initiating component to the main fuel, leads to increase in indicator and effective indices of ICE is justified. Special attention is paid to physical and chemical properties of hydrogen and its role when burning in the combustion chamber. In article the example of theoretical calculation of parameters of a working body and calculation of separate indicator and effective parameters is carried out. Calculation is made for the petrol four-stroke engine with the distributed injection of fuel and electronic control by a feed system and ignitions, in case of different percentage ratios of gasoline and hydrogen. Results of calculations are analyzed.

**Keywords:** Hydrogen, the initiating additive, indicator parameters, effective parameters, automobile ICE.



## REFERENCES

1. Fomin V. M., Platunov A. S. Hydrogen as a chemical reagent for improving the performance of automotive engine with direct injection of gasoline [Transport on alternative fuel]. 2011, no 4(22), pp. 30-39.
2. Pevnev N. G., Ponamarchuk V. V. Analysis of the properties of hydrogen to its use as an additive to the main fuel [Progressive technologies in transport systems]. 2015, pp. 304-309.
3. Peretrukhin F. S., Brizitsky A. F., Kirillov V. A., Kozlov S. I. Board generator synthesis gas for the internal combustion engine with spark ignition [The alternative fuel Transport]. 2010, no 5(17), pp. 68-74.
4. Mackerle Y. Modern economical car. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 320 p.
5. Ponamarchuk V. V. Physico-chemical properties and methods of hydrogen production [Fundamental and applied science - the Foundation of modern innovation system]. Materials of Intern. scientific.-tech. Conf. Students, postgraduates, and young scientists, 2015, – pp. 27-32.
6. Smolenskaya N. M. The influence of additives of hydrogen on the combustion process in petrol engines with spark ignition [Progress vehicles and systems]. 2009, pp. 247-248.
7. Talda, G. B. Improving fuel economy and reducing the toxicity of gasoline engines by the addition of hydrogen to gasoline. Kharkov, 1984. – 213 p.
8. Kolchin A. I., Demidov V. P. Calculation of automobile and tractor engines [Manual for schools]. Moscow. : Higherschool, 2008. 496 p.
9. Eriksson, L., Spark Advance Modeling and Control [Doctoral thesis]. 1999. 207 p.
10. Heywood, J. B. Combustion and its modelling in spark-ignition engine [International symposium COMODIA]. 1994. 930 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Певнев Николай Гаврилович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org).*

*Pevnev Nikolai Gavrilovich (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department «Maintenance and repair of vehicles», Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org).*

*Понамарчук Владимир Викторович (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: skif9210@mail.ru).*

*Vladimir V. Ponamarchuk (Omsk, Russia) – postgraduate student department of «Maintenance and repair of vehicles», Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: skif9210@mail.ru).*

УДК 656.13

## ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПОД ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫМИ РАБОТАМИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕВОЗОК СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*Е.С. Федосеев, Е.Е. Витвицкий  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

**Аннотация.** Исследовано влияние времени простоя при выполнении погрузки-разгрузки на результаты работы групп автотранспортных средств в совокупности малых ненасыщенных автотранспортных систем перевозок грузов. Решение задачи представлено на примере перевозок кирпича на поддонах от завода-изготовителя в городе подвижным составом общего пользования. Установлены зависимости результатов работы групп автотранспортных средств в совокупности малых автотранспортных систем, выполнена их проверка на адекватность исследуемому процессу.



**Ключевые слова:** время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, зависимость, совокупность малых ненасыщенных автотранспортных систем перевозок грузов.

### ВВЕДЕНИЕ

Исследованиями СибАДИ [1,2 и др.] установлено, что на практике перевозки грузов выполняются автотранспортными средствами (АТС) не просто на маршрутах, а в самоорганизующихся или специально организованных автотранспортных системах перевозок грузов (АТСПГ). Основой для управления перевозками грузов является наличие заранее разработанного оперативного плана и знание организатором перевозок, еще до опыта, зависимостей влияния технико-эксплуатационных факторов (ТЭП) на результаты и механизмы (поведение) функционирования АТСПГ.

Принято полагать, что выработка автомобиля (часовая, сменная), при снижении времени простоя под погрузкой-разгрузкой ( $t_{\text{пр}}$ ), описывается законом непрерывной возрастающей гиперболы [3, 4 и др.].

В настоящей статье представлены результаты изучения влияния времени простоя под погрузкой-разгрузкой на выработку АТС общего пользования в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ.

Ненасыщенной малой считается такая АТСПГ, где возможности погрузочных и разгрузочных пунктов и пропускная способность АТСПГ в тоннах превышают суммарную выработку АТС, выполняющих перевозку грузов в период времени данной АТСПГ. И если в такую АТСПГ добавить ещё одно АТС, то это не вызовет образования очереди АТС. Для ненасыщенных малых АТСПГ характерно, что интервал прибытия АТС в пункт погрузки (выгрузки) больше ритма работы погрузочно-разгрузочных средств [5].

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПОД ПОГРУЗКОЙ-РАЗГРУЗКОЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В работе [6] авторами установлено, что практика перевозок в городах кирпича на поддонах от завода может быть организована как совокупность нескольких малых АТСПГ. При этом технологическая схема перевозок представляет собой несколько маятниковых маршрутов с обратным не груженым пробегом, на

каждом из которых изолированно работает группа АТС. Данная практическая ситуация получила наименование – совокупность малых ненасыщенных АТСПГ [7].

Исследование выполнено при следующих исходных данных: в смену перевозится кирпич в поддонах [8] на основании договора перевозки грузов [9], с каждого из пяти постов погрузки пяти различным грузополучателям; время функционирования совокупности малых ненасыщенных АТСПГ – 8 часов (продолжительность работы всех грузовых пунктов одинакова); фактическая загрузка АТС – 12,95 тонн, при использовании автопоезда в составе тягача КамАЗ 5410 и полуприцепа НЕФАЗ 9334-00000020-16 грузоподъемностью 13,9 тонн; средняя техническая скорость (для АТС грузоподъемностью свыше 7 тонн) – 24 км/ч [10]. Примем, что расстояния перевозок грузов в адрес пяти строительных объектов равны: 5 км, 15 км, 25 км, 35 км и 45 км.

Согласно [5,6], в отдельной малой ненасыщенной АТСПГ работает группа АТС минимального состава в количестве двух АТС. Отдельное АТС в смену может выполнять как одну, так и несколько ездов. Минимальный плановый объем перевозок груза в малой ненасыщенной АТСПГ  $Q_{\text{пл min}}$  равен:

$$Q_{\text{пл min}} = Q_{\text{пл max1ATC}} + Q_{\text{пл min 2ATC}}$$

где  $Q_{\text{пл max1ATC}}$  – максимально возможный объем перевозок первого АТС;

$Q_{\text{пл min 2ATC}}$  – минимальный объем перевозок второго АТС (выполняется 1 ездка).

В настоящей работе условимся, что при первом варианте плана перевозок грузов в пяти малых ненасыщенных АТСПГ выполняется минимальный плановый объем. При втором варианте плана перевозок в трех малых ненасыщенных АТСПГ выполняется минимальный плановый объем и в двух малых ненасыщенных АТСПГ выполняется максимальный плановый объем. При третьем варианте плана перевозок в двух малых ненасыщенных АТСПГ выполняется минимальный плановый объем и в трех малых ненасыщенных АТСПГ выполняется максимальный плановый объем. При четвертом варианте плана перевозок в каждой из пяти малых ненасыщенных АТСПГ выполняется максимальный плановый объем перевозок груза. Варианты плановых объемов перевозок груза ( $Q_{\text{пл}}$ ) принимаем согласно таблице 1.

Таблица 1  
ВАРИАНТЫ ПЛАНОВ В СОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ АТСПГ

| Номер малой нена-<br>сыщенной АТСПГ | Плановый объем перевозок груза (Qпл) |           |           |           |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                     | Вариант 1                            | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 |
| 1                                   | min                                  | min       | max       | max       |
| 2                                   | min                                  | max       | min       | max       |
| 3                                   | min                                  | min       | max       | max       |
| 4                                   | min                                  | max       | min       | max       |
| 5                                   | min                                  | min       | max       | max       |

где: *min* – минимальный объем перевозок в малой ненасыщенной АТСПГ; *max* – максимальный объем перевозок в малой ненасыщенной АТСПГ.

Приведем пример расчета для первой малой ненасыщенной АТСПГ из их совокупности при первом варианте планового объема перевозок (см. табл. 1), с использованием модели малой ненасыщенной АТСПГ [11] и при  $t_{пв}$  равном 1,0 ч:

Длина маршрута

$$l_m = l_z + l_x = 5 + 5 = 10, \text{ км.}$$

Время ездки (оборота)

$$t_{e,o} = (l_m / V_T) + t_{пв} = 10 / 24 + 1 = 1,42, \text{ ч.}$$

Выработка в тоннах за ездку (оборот)

$$Q_{e,o} = q \cdot \gamma = 12, \text{ тонн.}$$

Выработка в тонно-километрах за ездку (оборот)

$$P_{e,o} = q \cdot \gamma \cdot l_z = 12,95 \cdot 5 = 64,75 \text{ т} \cdot \text{км.}$$

Пропускная способность в количестве АТС грузового пункта (АТСПГ)

$$A_3 = t_{e,o} / R_{\max}.$$

$$A_3 = t_{e,o} / R_{\max} = 1,42 / 0,5 = 2,84.$$

округляем в меньшую сторону, чтобы АТСПГ была ненасыщенная, что соответствует условию первого варианта плана перевозок - в малой ненасыщенной АТСПГ функционирует два АТС.

Расчет возможного времени работы каждого АТС

$$T_{m1} = T_n - R_{\max} \cdot (1 - 1) = 8 - 0,5(1 - 1) = 8 \text{ ч.}$$

$$T_{m2} = T_n - R_{\max} \cdot (2 - 1) = 8 - 0,5(2 - 1) = 7,5 \text{ ч.}$$

Число ездок первого АТС в группе за время в малой ненасыщенной АТСПГ

$$Z_{e1} = [T_{m1} / t_{e,o}] = 8 / 1,42, \text{ ед.}$$

Число ездок второго АТС равно единице по условию первого плана перевозок.

Остаток времени в малой ненасыщенной АТСПГ, после исполнения целых ездок для первого АТС

$$\Delta T_{m1} = T_{m1} - [T_{m1} / t_{e,o}] \cdot t_{e,o} = 8 - 5 \cdot 1,42 = 0,9 \text{ ч.}$$

Время ездки необходимое

$$t_{en} = (l_z / V_T) + t_{пв} = 0,21 + 1 = 1,21 \text{ ч.},$$

в нашем случае  $0,90 < 1,21$ , поэтому первое АТС может выполнить за время в малой ненасыщенной АТСПГ пять ездок. Поскольку количество ездок округляем в меньшую сторону, тем самым приводим состояние АТСПГ в ненасыщенное состояние.

По условиям варианта объема перевозок второе АТС выполняет только одну ездку (оборот).

Выработка в тоннах каждого АТС за время в малой ненасыщенной АТСПГ

$$Q_{m1} = \sum_1^{Z_{e1}} q \cdot \gamma = 5 \cdot 12,95 = 64,75.$$

$$Q_{m2} = \sum_1^{Z_{e2}} q \cdot \gamma = 1 \cdot 12,95 = 12,95.$$

Выработка в тонно-километрах каждого АТС за время в малой ненасыщенной АТСПГ:

$$P_{m1} = \sum_1^{Z_{e1}} q \cdot \gamma \cdot l_z = 5 \cdot 12,95 \cdot 5 = 323,75.$$

$$P_{m2} = \sum_1^{Z_{e2}} q \cdot \gamma \cdot l_z = 1 \cdot 12,95 \cdot 5 = 64,75.$$

Пробег каждого АТС за время в малой ненасыщенной АТСПГ, км

$$L_{\text{мал1}} = l_{\text{мал}} \cdot Z_{e1} - l_x = 10 \cdot 5 - 5 = 45.$$

$$L_{\text{мал2}} = l_{\text{мал}} \cdot Z_{e2} - l_x = 10 \cdot 5 - 5 = 5.$$

Время фактическое каждого АТС в малой ненасыщенной АТСПГ, ч.

$$T_{\text{м1ф}} = (L_{\text{мал1}} / V_T) + \sum_1^{Z_{e1}} t_{\text{нв}} = (45 / 24) + 1 \cdot 5 = 6,88.$$

$$T_{\text{м2ф}} = (L_{\text{мал2}} / V_T) + \sum_1^{Z_{e2}} t_{\text{нв}} = (5 / 24) + 1 \cdot 1 = 1,21.$$

Общий пробег отдельного АТС в малой ненасыщенной АТСПГ, км

$$L_{\text{общ1}} = l_{\text{н1}} + l_{\text{м}} \cdot Z_{e1} + l_{\text{н2}} - l_x = 0 + 10 \cdot 5 + 5 - 5 = 50.$$

$$L_{\text{общ2}} = l_{\text{н1}} + l_{\text{м}} \cdot Z_{e2} + l_{\text{н2}} - l_x = 0 + 10 \cdot 1 + 5 - 5 = 10.$$

Время в наряде каждого АТС фактическое

$$T_{\text{н1ф}} = (L_{\text{общ1}} / V_T) + \sum_1^{Z_{e1}} t_{\text{нв}} = (50 / 24) + 1 \cdot 5 = 7,08 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{н2ф}} = (L_{\text{общ2}} / V_T) + \sum_1^{Z_{e2}} t_{\text{нв}} = (10 / 24) + 1 \cdot 1 = 1,42 \text{ ч.}$$

Выработка всех АТС в тоннах в малой ненасыщенной АТСПГ

$$Q_{\text{мал}} = \sum_1^{A_2} Q_i = 64,75 + 12,95 = 77,70.$$

Выработка всех АТС в тонно-километрах в малой ненасыщенной АТСПГ

$$P_{\text{мал}} = \sum_1^{A_2} P_i = 323,75 + 64,75 = 388,50.$$

Пробег всех АТС за смену (день) в малой ненасыщенной АТСПГ, км

$$L_{\text{мал}} = \sum_1^{A_2} L_{\text{мал}i} = 45 + 5 = 50.$$

Время фактическое всех АТС в малой ненасыщенной АТСПГ, ч.

$$T_{\text{мал}} = \sum_1^{A_2} T_{\text{м1ф}} = 6,88 + 1,21 = 8,09.$$

Общий пробег всех АТС за смену (день) в малой АТСПГ, км

$$L_{\text{общ}} = \sum_1^{A_2} L_{\text{общ}i} = 50 + 10 = 60.$$

Трудоемкость выполнения плана перевозок, ч.

$$T_{\text{сумм}} = \sum_1^{A_2} T_{\text{н1ф}} = 7,08 + 1,42 = 8,50.$$

Для остальных малых ненасыщенных АТСПГ из их совокупности расчеты выполняются аналогично, результаты представлены в таблицах 2-5.

Таблица 2  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ В МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АТСПГ  
ПО ПЕРВОМУ ВАРИАНТУ ПЛАНА ЗА СМЕНУ

| № АТ-СПГ                   | Ze, ед. | Выработка АТС в тоннах | Выработка АТС в тонно-километрах | Пробег АТС в малых АТСПГ, км | Время фактическое АТС в малых АТСПГ, ч | Общий пробег АТС, км | Время в наряде фактическое АТС, ч |
|----------------------------|---------|------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| при t <sub>пв</sub> =1 ч   |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 6       | 77,70                  | 388,50                           | 50,00                        | 8,08                                   | 60,00                | 8,50                              |
| 2                          | 4       | 51,80                  | 777,00                           | 90,00                        | 7,75                                   | 120,00               | 9,00                              |
| 3                          | 3       | 38,85                  | 971,25                           | 100,00                       | 7,17                                   | 150,00               | 9,25                              |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 8,83                                   | 210,00               | 11,75                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 10,50                                  | 270,00               | 14,25                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,9 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 7       | 90,65                  | 453,25                           | 60,00                        | 8,80                                   | 70,00                | 9,22                              |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 9,50                                   | 150,00               | 10,75                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 9,85                                   | 200,00               | 11,93                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 8,53                                   | 210,00               | 11,45                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 10,20                                  | 270,00               | 13,95                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,8 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 7       | 90,65                  | 453,25                           | 60,00                        | 8,10                                   | 70,00                | 8,52                              |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 9,00                                   | 150,00               | 10,25                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 9,45                                   | 200,00               | 11,53                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 8,23                                   | 210,00               | 11,15                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 9,90                                   | 270,00               | 13,65                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,7 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 8       | 103,60                 | 518,00                           | 70,00                        | 8,52                                   | 80,00                | 8,93                              |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 8,50                                   | 150,00               | 9,75                              |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 9,05                                   | 200,00               | 11,13                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,93                                   | 210,00               | 10,85                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 9,60                                   | 270,00               | 13,35                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,6 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 9       | 116,55                 | 582,75                           | 80,00                        | 8,73                                   | 90,00                | 9,15                              |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 8,00                                   | 150,00               | 9,25                              |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 8,65                                   | 200,00               | 10,73                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,63                                   | 210,00               | 10,55                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 9,30                                   | 270,00               | 13,05                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,5 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 9       | 116,55                 | 582,75                           | 80,00                        | 7,83                                   | 90,00                | 8,25                              |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 7,50                                   | 150,00               | 8,75                              |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 8,25                                   | 200,00               | 10,33                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,33                                   | 210,00               | 10,25                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 9,00                                   | 270,00               | 12,75                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,4 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 10      | 129,50                 | 647,50                           | 90,00                        | 7,75                                   | 100,00               | 8,17                              |
| 2                          | 6       | 77,70                  | 1165,50                          | 150,00                       | 8,65                                   | 180,00               | 9,90                              |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 7,85                                   | 200,00               | 9,93                              |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,03                                   | 210,00               | 9,95                              |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 8,70                                   | 270,00               | 12,45                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,3 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 12      | 155,40                 | 777,00                           | 110,00                       | 8,18                                   | 120,00               | 8,60                              |
| 2                          | 6       | 77,70                  | 1165,50                          | 150,00                       | 8,05                                   | 180,00               | 9,30                              |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                       | 7,45                                   | 200,00               | 9,53                              |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 6,73                                   | 210,00               | 9,65                              |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                       | 8,40                                   | 270,00               | 12,15                             |

Таблица 3

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ В МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АТСПГ  
ПО ВТОРОМУ ВАРИАНТУ ПЛАНА ЗА СМЕНУ**

| № АТ-СПГ                   | Ze, ед. | Выработка АТС в тоннах | Выработка АТС в тонно-километрах | Пробег АТС в малых АТ-СПГ, км | Время фактическое АТС в малых АТСПГ, ч | Общий пробег АТС, км | Время в наряде фактическое АТС, ч |
|----------------------------|---------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| при t <sub>пв</sub> =1 ч   |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 6       | 77,70                  | 388,50                           | 50,00                         | 8,08                                   | 60,00                | 8,50                              |
| 2                          | 12      | 155,40                 | 2331,00                          | 300,00                        | 24,50                                  | 360,00               | 27,00                             |
| 3                          | 3       | 38,85                  | 971,25                           | 100,00                        | 7,17                                   | 150,00               | 9,25                              |
| 4                          | 11      | 142,45                 | 4985,75                          | 525,00                        | 32,88                                  | 770,00               | 43,08                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 10,50                                  | 270,00               | 14,25                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,9 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 7       | 90,65                  | 453,25                           | 60,00                         | 8,80                                   | 70,00                | 9,22                              |
| 2                          | 13      | 168,35                 | 2525,25                          | 330,00                        | 25,45                                  | 390,00               | 27,95                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 9,85                                   | 200,00               | 11,93                             |
| 4                          | 13      | 168,35                 | 5892,25                          | 630,00                        | 37,95                                  | 910,00               | 49,62                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 10,20                                  | 270,00               | 13,95                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,8 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 7       | 90,65                  | 453,25                           | 60,00                         | 8,10                                   | 70,00                | 8,52                              |
| 2                          | 17      | 220,15                 | 3302,25                          | 435,00                        | 31,73                                  | 510,00               | 34,85                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 9,45                                   | 200,00               | 11,53                             |
| 4                          | 15      | 194,25                 | 6798,75                          | 735,00                        | 42,63                                  | 1050,00              | 55,75                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 9,90                                   | 270,00               | 13,65                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,7 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 8       | 103,60                 | 518,00                           | 70,00                         | 8,52                                   | 80,00                | 8,93                              |
| 2                          | 18      | 233,10                 | 3496,50                          | 465,00                        | 31,98                                  | 540,00               | 35,10                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 9,05                                   | 200,00               | 11,13                             |
| 4                          | 17      | 220,15                 | 7705,25                          | 840,00                        | 46,90                                  | 1190,00              | 61,48                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 9,60                                   | 270,00               | 13,35                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,6 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 9       | 116,55                 | 582,75                           | 80,00                         | 8,73                                   | 90,00                | 9,15                              |
| 2                          | 23      | 297,85                 | 4467,75                          | 600,00                        | 38,80                                  | 690,00               | 42,55                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 8,65                                   | 200,00               | 10,73                             |
| 4                          | 20      | 259,00                 | 9065,00                          | 1015,00                       | 54,29                                  | 1400,00              | 70,33                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 9,30                                   | 270,00               | 13,05                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,5 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 9       | 116,55                 | 582,75                           | 80,00                         | 7,83                                   | 90,00                | 8,25                              |
| 2                          | 28      | 362,60                 | 5439,00                          | 735,00                        | 44,63                                  | 840,00               | 49,00                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 8,25                                   | 200,00               | 10,33                             |
| 4                          | 24      | 310,80                 | 10878,00                         | 1225,00                       | 63,04                                  | 1680,00              | 82,00                             |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 9,00                                   | 270,00               | 12,75                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,4 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 10      | 129,50                 | 647,50                           | 90,00                         | 7,75                                   | 100,00               | 8,17                              |
| 2                          | 34      | 440,30                 | 6604,50                          | 900,00                        | 51,10                                  | 1020,00              | 56,10                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 7,85                                   | 200,00               | 9,93                              |
| 4                          | 31      | 401,45                 | 14050,75                         | 1610,00                       | 79,48                                  | 2170,00              | 102,82                            |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 8,70                                   | 270,00               | 12,45                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,3 ч |         |                        |                                  |                               |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 12      | 155,40                 | 777,00                           | 110,00                        | 8,18                                   | 120,00               | 8,60                              |
| 2                          | 46      | 595,70                 | 8935,50                          | 1230,00                       | 65,05                                  | 1380,00              | 71,30                             |
| 3                          | 4       | 51,80                  | 1295,00                          | 150,00                        | 7,45                                   | 200,00               | 9,53                              |
| 4                          | 42      | 543,90                 | 19036,50                         | 2205,00                       | 104,48                                 | 2940,00              | 135,10                            |
| 5                          | 3       | 38,85                  | 1748,25                          | 180,00                        | 8,40                                   | 270,00               | 12,15                             |



Таблица 4  
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ В МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АТСПГ  
ПО ТРЕТЬЕМУ ВАРИАНТУ ПЛАНА ЗА СМЕНУ

| № АТСПГ                    | Ze, ед. | Выработка АТС в тоннах | Выработка АТС в тонно-километрах | Пробег АТС в малых АТСПГ, км | Время фактическое АТС в малых АТСПГ, ч | Общий пробег АТС, км | Время в наряде фактическое АТС, ч |
|----------------------------|---------|------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| при t <sub>пв</sub> =1 ч   |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 10      | 129,50                 | 647,50                           | 90,00                        | 13,75                                  | 100,00               | 14,17                             |
| 2                          | 4       | 51,80                  | 777,00                           | 90,00                        | 7,75                                   | 120,00               | 9,00                              |
| 3                          | 12      | 155,40                 | 3885,00                          | 450,00                       | 30,75                                  | 600,00               | 37,00                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 8,83                                   | 210,00               | 11,75                             |
| 5                          | 10      | 129,50                 | 5827,50                          | 495,00                       | 30,63                                  | 900,00               | 47,50                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,9 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 11      | 142,45                 | 712,25                           | 100,00                       | 14,07                                  | 110,00               | 14,48                             |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 9,50                                   | 150,00               | 10,75                             |
| 3                          | 13      | 168,35                 | 4208,75                          | 500,00                       | 32,53                                  | 650,00               | 38,78                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 8,53                                   | 210,00               | 11,45                             |
| 5                          | 12      | 155,40                 | 6993,00                          | 630,00                       | 37,05                                  | 1080,00              | 55,80                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,8 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 18      | 233,10                 | 1165,50                          | 165,00                       | 21,28                                  | 180,00               | 21,90                             |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 9,00                                   | 150,00               | 10,25                             |
| 3                          | 15      | 194,25                 | 4856,25                          | 575,00                       | 35,96                                  | 750,00               | 43,25                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 8,23                                   | 210,00               | 11,15                             |
| 5                          | 13      | 168,35                 | 7575,75                          | 675,00                       | 38,53                                  | 1170,00              | 59,15                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,7 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 19      | 246,05                 | 1230,25                          | 175,00                       | 20,59                                  | 190,00               | 21,22                             |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 8,50                                   | 150,00               | 9,75                              |
| 3                          | 16      | 207,20                 | 5180,00                          | 625,00                       | 37,24                                  | 800,00               | 44,53                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,93                                   | 210,00               | 10,85                             |
| 5                          | 15      | 194,25                 | 8741,25                          | 810,00                       | 44,25                                  | 1350,00              | 66,75                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,6 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 22      | 284,90                 | 1424,50                          | 205,00                       | 21,74                                  | 220,00               | 22,37                             |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 8,00                                   | 150,00               | 9,25                              |
| 3                          | 20      | 259,00                 | 6475,00                          | 800,00                       | 45,33                                  | 1000,00              | 53,67                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,63                                   | 210,00               | 10,55                             |
| 5                          | 18      | 233,10                 | 10489,50                         | 990,00                       | 52,05                                  | 1620,00              | 78,30                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,5 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 24      | 310,80                 | 1554,00                          | 225,00                       | 21,38                                  | 240,00               | 22,00                             |
| 2                          | 5       | 64,75                  | 971,25                           | 120,00                       | 7,50                                   | 150,00               | 8,75                              |
| 3                          | 26      | 336,70                 | 8417,50                          | 1050,00                      | 56,75                                  | 1300,00              | 67,17                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,33                                   | 210,00               | 10,25                             |
| 5                          | 23      | 297,85                 | 13403,25                         | 1305,00                      | 65,88                                  | 2070,00              | 97,75                             |
| при t <sub>пв</sub> =0,4 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 37      | 479,15                 | 2395,75                          | 350,00                       | 29,38                                  | 370,00               | 30,22                             |
| 2                          | 6       | 77,70                  | 1165,50                          | 150,00                       | 8,65                                   | 180,00               | 9,90                              |
| 3                          | 32      | 414,40                 | 10360,00                         | 1300,00                      | 66,97                                  | 1600,00              | 79,47                             |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 7,03                                   | 210,00               | 9,95                              |
| 5                          | 26      | 336,70                 | 15151,50                         | 1440,00                      | 70,40                                  | 2340,00              | 107,90                            |
| при t <sub>пв</sub> =0,3 ч |         |                        |                                  |                              |                                        |                      |                                   |
| 1                          | 42      | 543,90                 | 2719,50                          | 400,00                       | 29,27                                  | 420,00               | 30,10                             |
| 2                          | 6       | 77,70                  | 1165,50                          | 150,00                       | 8,05                                   | 180,00               | 9,30                              |
| 3                          | 43      | 556,85                 | 13921,25                         | 1775,00                      | 86,86                                  | 2150,00              | 102,48                            |
| 4                          | 3       | 38,85                  | 1359,75                          | 140,00                       | 6,73                                   | 210,00               | 9,65                              |
| 5                          | 39      | 505,05                 | 22727,25                         | 2295,00                      | 107,33                                 | 3510,00              | 157,95                            |

Таблица 5

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ В МАЛОЙ НЕНАСЫЩЕННОЙ АТСПГ  
ПО ЧЕТВЕРТОМУ ВАРИАНТУ ПЛАНА ЗА СМЕНУ**

| № АТСПГ            | Зе,<br>ед. | Выработка АТС<br>в тоннах | Выработка АТС<br>в тонно-киломе-<br>трах | Пробег АТС в<br>малых АТСПГ,<br>км | Время<br>фактическое АТС<br>в малых АТСПГ, ч | Общий<br>пробег<br>АТС, км | Время<br>в наряде<br>фактическое<br>АТС, ч |
|--------------------|------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|
| при $t_{пв}=1$ ч   |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 10         | 129,50                    | 647,50                                   | 90,00                              | 13,75                                        | 100,00                     | 14,17                                      |
| 2                  | 12         | 155,40                    | 2331,00                                  | 300,00                             | 24,50                                        | 360,00                     | 27,00                                      |
| 3                  | 12         | 155,40                    | 3885,00                                  | 450,00                             | 30,75                                        | 600,00                     | 37,00                                      |
| 4                  | 11         | 142,45                    | 4985,75                                  | 525,00                             | 32,88                                        | 770,00                     | 43,08                                      |
| 5                  | 10         | 129,50                    | 5827,50                                  | 495,00                             | 30,63                                        | 900,00                     | 47,50                                      |
| при $t_{пв}=0,9$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 11         | 142,45                    | 712,25                                   | 100,00                             | 14,07                                        | 110,00                     | 14,48                                      |
| 2                  | 13         | 168,35                    | 2525,25                                  | 330,00                             | 25,45                                        | 390,00                     | 27,95                                      |
| 3                  | 13         | 168,35                    | 4208,75                                  | 500,00                             | 32,53                                        | 650,00                     | 38,78                                      |
| 4                  | 13         | 168,35                    | 5892,25                                  | 630,00                             | 37,95                                        | 910,00                     | 49,62                                      |
| 5                  | 12         | 155,40                    | 6993,00                                  | 630,00                             | 37,05                                        | 1080,00                    | 55,80                                      |
| при $t_{пв}=0,8$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 18         | 233,10                    | 1165,50                                  | 165,00                             | 21,28                                        | 180,00                     | 21,90                                      |
| 2                  | 17         | 220,15                    | 3302,25                                  | 435,00                             | 31,73                                        | 510,00                     | 34,85                                      |
| 3                  | 15         | 194,25                    | 4856,25                                  | 575,00                             | 35,96                                        | 750,00                     | 43,25                                      |
| 4                  | 15         | 194,25                    | 6798,75                                  | 735,00                             | 42,63                                        | 1050,00                    | 55,75                                      |
| 5                  | 13         | 168,35                    | 7575,75                                  | 675,00                             | 38,53                                        | 1170,00                    | 59,15                                      |
| при $t_{пв}=0,7$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 19         | 246,05                    | 1230,25                                  | 175,00                             | 20,59                                        | 190,00                     | 21,22                                      |
| 2                  | 18         | 233,10                    | 3496,50                                  | 465,00                             | 31,98                                        | 540,00                     | 35,10                                      |
| 3                  | 16         | 207,20                    | 5180,00                                  | 625,00                             | 37,24                                        | 800,00                     | 44,53                                      |
| 4                  | 17         | 220,15                    | 7705,25                                  | 840,00                             | 46,90                                        | 1190,00                    | 61,48                                      |
| 5                  | 15         | 194,25                    | 8741,25                                  | 810,00                             | 44,25                                        | 1350,00                    | 66,75                                      |
| при $t_{пв}=0,6$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 22         | 284,90                    | 1424,50                                  | 205,00                             | 21,74                                        | 220,00                     | 22,37                                      |
| 2                  | 23         | 297,85                    | 4467,75                                  | 600,00                             | 38,80                                        | 690,00                     | 42,55                                      |
| 3                  | 20         | 259,00                    | 6475,00                                  | 800,00                             | 45,33                                        | 1000,00                    | 53,67                                      |
| 4                  | 20         | 259,00                    | 9065,00                                  | 1015,00                            | 54,29                                        | 1400,00                    | 70,33                                      |
| 5                  | 18         | 233,10                    | 10489,50                                 | 990,00                             | 52,05                                        | 1620,00                    | 78,30                                      |
| при $t_{пв}=0,5$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 24         | 310,80                    | 1554,00                                  | 225,00                             | 21,38                                        | 240,00                     | 22,00                                      |
| 2                  | 28         | 362,60                    | 5439,00                                  | 735,00                             | 44,63                                        | 840,00                     | 49,00                                      |
| 3                  | 26         | 336,70                    | 8417,50                                  | 1050,00                            | 56,75                                        | 1300,00                    | 67,17                                      |
| 4                  | 24         | 310,80                    | 10878,00                                 | 1225,00                            | 63,04                                        | 1680,00                    | 82,00                                      |
| 5                  | 23         | 297,85                    | 13403,25                                 | 1305,00                            | 65,88                                        | 2070,00                    | 97,75                                      |
| при $t_{пв}=0,4$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 37         | 479,15                    | 2395,75                                  | 350,00                             | 29,38                                        | 370,00                     | 30,22                                      |
| 2                  | 34         | 440,30                    | 6604,50                                  | 900,00                             | 51,10                                        | 1020,00                    | 56,10                                      |
| 3                  | 32         | 414,40                    | 10360,00                                 | 1300,00                            | 66,97                                        | 1600,00                    | 79,47                                      |
| 4                  | 31         | 401,45                    | 14050,75                                 | 1610,00                            | 79,48                                        | 2170,00                    | 102,82                                     |
| 5                  | 26         | 336,70                    | 15151,50                                 | 1440,00                            | 70,40                                        | 2340,00                    | 107,90                                     |
| при $t_{пв}=0,3$ ч |            |                           |                                          |                                    |                                              |                            |                                            |
| 1                  | 42         | 543,90                    | 2719,50                                  | 400,00                             | 29,27                                        | 420,00                     | 30,10                                      |
| 2                  | 46         | 595,70                    | 8935,50                                  | 1230,00                            | 65,05                                        | 1380,00                    | 71,30                                      |
| 3                  | 43         | 556,85                    | 13921,25                                 | 1775,00                            | 86,86                                        | 2150,00                    | 102,48                                     |
| 4                  | 42         | 543,90                    | 19036,50                                 | 2205,00                            | 104,48                                       | 2940,00                    | 135,10                                     |
| 5                  | 39         | 505,05                    | 22727,25                                 | 2295,00                            | 107,33                                       | 3510,00                    | 157,95                                     |

Таблица 6

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ПЛАНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ГРУПП АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ  
В СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

| тпв, ч          | Ze, ед. | Выработка АТС в тоннах за смену | Выработка АТС в тонно-километрах за смену | Пробег АТС в малых АТСПГ, км | Время фактическое АТС в малых АТСПГ, ч | Общий пробег АТС за смену, км | Время в наряде фактическое АТС, ч | Число АТС, ед. |
|-----------------|---------|---------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Вариант плана 1 |         |                                 |                                           |                              |                                        |                               |                                   |                |
| 1,00            | 19      | 246,05                          | 5244,75                                   | 560,00                       | 42,33                                  | 810,00                        | 52,75                             | 10             |
| 0,90            | 22      | 284,90                          | 5827,50                                   | 650,00                       | 46,88                                  | 900,00                        | 57,30                             | 10             |
| 0,80            | 22      | 284,90                          | 5827,50                                   | 650,00                       | 44,68                                  | 900,00                        | 55,10                             | 10             |
| 0,70            | 23      | 297,85                          | 5892,25                                   | 660,00                       | 43,60                                  | 910,00                        | 54,02                             | 10             |
| 0,60            | 24      | 310,80                          | 5957,00                                   | 670,00                       | 42,32                                  | 920,00                        | 52,73                             | 10             |
| 0,50            | 24      | 310,80                          | 5957,00                                   | 670,00                       | 39,92                                  | 920,00                        | 50,33                             | 10             |
| 0,40            | 26      | 336,70                          | 6216,00                                   | 710,00                       | 39,98                                  | 960,00                        | 50,40                             | 10             |
| 0,30            | 28      | 362,60                          | 6345,50                                   | 730,00                       | 38,82                                  | 980,00                        | 49,23                             | 10             |
| Вариант плана 2 |         |                                 |                                           |                              |                                        |                               |                                   |                |
| 1,00            | 35      | 453,25                          | 10424,75                                  | 1155,00                      | 83,13                                  | 1610,00                       | 102,08                            | 17             |
| 0,90            | 40      | 518,00                          | 11914,00                                  | 1350,00                      | 92,25                                  | 1840,00                       | 112,67                            | 18             |
| 0,80            | 46      | 595,70                          | 13597,50                                  | 1560,00                      | 101,80                                 | 2100,00                       | 124,30                            | 20             |
| 0,70            | 50      | 647,50                          | 14763,00                                  | 1705,00                      | 106,04                                 | 2280,00                       | 130,00                            | 21             |
| 0,60            | 59      | 764,05                          | 17158,75                                  | 2025,00                      | 119,78                                 | 2650,00                       | 145,82                            | 23             |
| 0,50            | 68      | 880,60                          | 19943,00                                  | 2370,00                      | 132,75                                 | 3080,00                       | 162,33                            | 26             |
| 0,40            | 82      | 1061,90                         | 24346,00                                  | 2930,00                      | 154,88                                 | 3760,00                       | 189,47                            | 30             |
| 0,30            | 107     | 1385,65                         | 31792,25                                  | 3875,00                      | 193,56                                 | 4910,00                       | 236,68                            | 37             |
| вариант плана 3 |         |                                 |                                           |                              |                                        |                               |                                   |                |
| 1,00            | 39      | 505,05                          | 12496,75                                  | 1265,00                      | 91,71                                  | 1930,00                       | 119,42                            | 21             |
| 0,90            | 44      | 569,80                          | 14245,00                                  | 1490,00                      | 101,68                                 | 2200,00                       | 131,27                            | 22             |
| 0,80            | 54      | 699,30                          | 15928,50                                  | 1675,00                      | 112,99                                 | 2460,00                       | 145,70                            | 25             |
| 0,70            | 58      | 751,10                          | 17482,50                                  | 1870,00                      | 118,52                                 | 2700,00                       | 153,10                            | 26             |
| 0,60            | 68      | 880,60                          | 20720,00                                  | 2255,00                      | 134,76                                 | 3200,00                       | 174,13                            | 29             |
| 0,50            | 81      | 1048,95                         | 25705,75                                  | 2840,00                      | 158,83                                 | 3970,00                       | 205,92                            | 34             |
| 0,40            | 104     | 1346,80                         | 30432,50                                  | 3380,00                      | 182,43                                 | 4700,00                       | 237,43                            | 40             |
| 0,30            | 133     | 1722,35                         | 41893,25                                  | 4760,00                      | 238,23                                 | 6470,00                       | 309,48                            | 50             |
| вариант плана 4 |         |                                 |                                           |                              |                                        |                               |                                   |                |
| 1,00            | 55      | 712,25                          | 17676,75                                  | 1860,00                      | 132,50                                 | 2730,00                       | 168,75                            | 28             |
| 0,90            | 62      | 802,90                          | 20331,50                                  | 2190,00                      | 147,05                                 | 3140,00                       | 186,63                            | 30             |
| 0,80            | 78      | 1010,10                         | 23698,50                                  | 2585,00                      | 170,11                                 | 3660,00                       | 214,90                            | 35             |
| 0,70            | 85      | 1100,75                         | 26353,25                                  | 2915,00                      | 180,96                                 | 4070,00                       | 229,08                            | 37             |
| 0,60            | 103     | 1333,85                         | 31921,75                                  | 3610,00                      | 212,22                                 | 4930,00                       | 267,22                            | 42             |
| 0,50            | 125     | 1618,75                         | 39691,75                                  | 4540,00                      | 251,67                                 | 6130,00                       | 317,92                            | 50             |
| 0,40            | 160     | 2072,00                         | 48562,50                                  | 5600,00                      | 297,33                                 | 7500,00                       | 376,50                            | 60             |
| 0,30            | 212     | 2745,40                         | 67340,00                                  | 7905,00                      | 392,98                                 | 10400,00                      | 496,93                            | 77             |

Результаты работы групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ определены суммированием результатов работы каждой малой ненасыщенной АТСПГ из совокупности. Пример расчета результатов работы в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ по первому варианту объема перевозок приведен ниже.

Суммарная выработка в тоннах групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ

$$Q_{\sum_{\text{мал}}} = 51,80 + 64,75 + 64,75 + 51,80 + 51,80 = 284,90.$$

Суммарная выработка в тонно-километрах групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ

$$P_{\sum_{\text{мал}}} = 970,73 + 1027,58 + 993,27 + 734,52 + 536,13 = 4262,23.$$

Суммарный пробег групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ, км

$$L_{\sum_{\text{мал}}} = 112,44 + 126,96 + 122,72 + 85,08 + 62,10 = 509,30.$$

Суммарное отработанное время групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ, ч.

$$T_{\sum_{\text{мал}}} = 8,69 + 8,27 + 8,11 + 7,55 + 6,19 = 38,80.$$

Суммарный общий пробег групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ, км

$$L_{\text{общ}} \sum_{\text{мал}}} = 149,92 + 158,70 + 153,40 + 113,44 + 82,80 = 658,26.$$

Трудоемкость выполнения плана перевозок, ч.

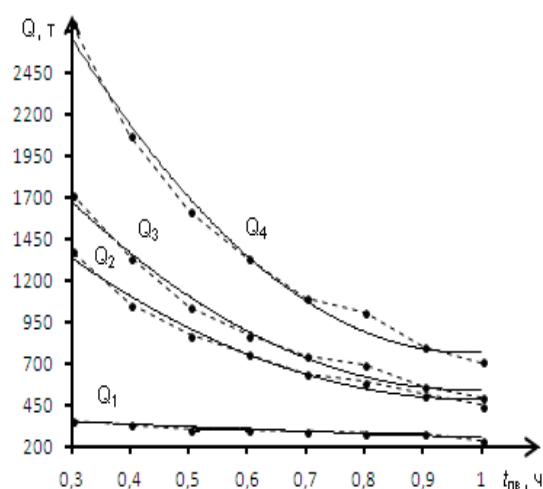
$$T_{\text{сумм}} \sum_{\text{мал}}} = 10,25 + 9,61 + 9,39 + 8,73 + 7,05 = 45,03.$$

Результаты работы групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ при других вариантах планов определены аналогично и представлены в таблице 5.

По результатам таблицы 5 построены точечные зависимости влияния времени простоя под погрузкой-разгрузкой на результаты функционирования (выработка в тоннах, в

т·км, количество АТС) групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ, рисунки 1-3.

На основе регрессионного анализа, с помощью MSEXCEL установлены зависимости выработки АТС в совокупности малых АТСПГ в тоннах, тонно-километрах и их потребного количества от  $t_{\text{пв}}$ , которые представлены на рисунках 1-3 и в регрессионных уравнениях.



пунктиром обозначены расчетные зависимости выработки в тоннах групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения  $t_{пв}$ , согласно таблице 5; сплошными линиями обозначены регрессионные полиномиальные зависимости выработки в тоннах в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения  $t_{пв}$ .

Уравнения регрессии для совокупности малых АТСПГ, соответственно:

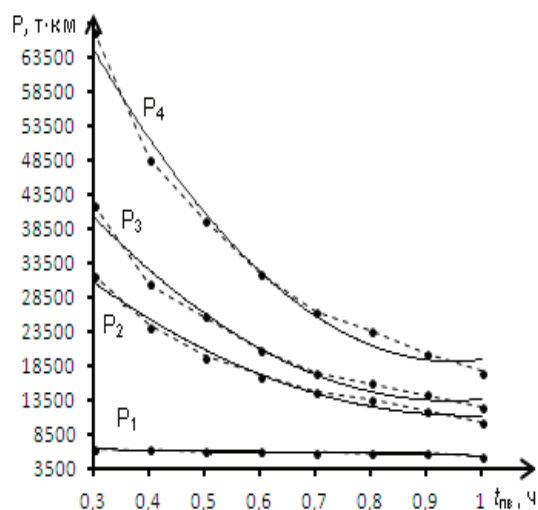
$Q_1(t_{пв}) = 30,833x^2 - 178,83x + 405,92$  по первому варианту плана перевозок грузов;

$Q_2(t_{пв}) = 1765,2x^2 - 3511,1x + 2232,1$  по второму варианту плана перевозок грузов;

$Q_3(t_{пв}) = 2443,5x^2 - 4793,8x + 2895,8$  по третьему варианту плана перевозок грузов;

$Q_4(t_{пв}) = 4177,9x^2 - 8126,1x + 4722$  по четвертому варианту плана перевозок грузов.

Рисунок 1 – Зависимости выработки в тоннах групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения времени под погрузкой-разгрузкой при разных планах



пунктиром обозначены расчетные зависимости выработки в тонно-километрах групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения  $t_{пв}$ , согласно таблице 5; сплошными линиями обозначены регрессионные полиномиальные зависимости выработки в тонно-километрах в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения  $t_{пв}$ .

Уравнения регрессии для совокупности малых АТСПГ, соответственно:

$P_1(t_{пв}) = -11773x^3 + 22109x^2 - 13933x + 8901,6$  по первому варианту плана перевозок грузов;

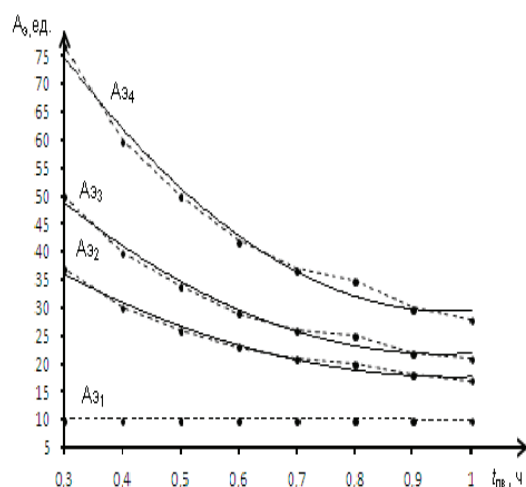
$P_2(t_{пв}) = 42589x^2 - 83123x + 51793$  по второму варианту плана перевозок грузов;

$P_3(t_{пв}) = 65174x^2 - 122736x + 71184$  по третьему варианту плана перевозок грузов;

$P_4(t_{пв}) = 108610x^2 - 205759x + 116600$  по четвертому варианту плана перевозок грузов.

Рисунок 2 – Зависимости выработки в тонно-километрах групп АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения времени простоя под погрузкой-разгрузкой при разных планах





пунктиром обозначены расчетные зависимости количества АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения  $t_{пр}$ , согласно таблице 5;

сплошными линиями обозначены регрессионные полиномиальные зависимости количества АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения  $t_{пр}$ .

Уравнения регрессии для совокупности малых АТСПГ, соответственно:

$A_{с1}(t_{пр}) = 10$ , прямая по первому варианту плана перевозок грузов;

$A_{с2}(t_{пр}) = 40,476x^2 - 78,81x + 56$  по второму варианту плана перевозок грузов;

$A_{с3}(t_{пр}) = 63,69x^2 - 121,25x + 79,435$  по третьему варианту плана перевозок грузов;

$A_{с4}(t_{пр}) = 104,17x^2 - 200,06x + 125,43$  по четвертому варианту плана перевозок грузов.

Рисунок 3 – Зависимости потребности в АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ от снижения времени простоя под погрузкой-разгрузкой

Проверка адекватности уравнений регрессии, представленных на рисунках 1-3, осуществлена с помощью коэффициента детерминации и средней ошибки аппроксимации

(величина которой не должна превышать 10-12 % [12, 13, 14]), результаты проверки сведены в таблицу 6.

Таблица 6  
ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ

| Показатель                       | Вариант плана перевозок |           |           |           |
|----------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                  | Вариант 1               | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 |
| Выработка АТС в тоннах           |                         |           |           |           |
| Коэффициент детерминации         | 0,93                    | 0,99      | 0,99      | 0,99      |
| Средняя ошибка аппроксимации     | 2,39                    | 3,93      | 4,29      | 4,50      |
| Выработка АТС в тонно-километрах |                         |           |           |           |
| Коэффициент детерминации         | 0,94                    | 0,99      | 0,98      | 0,99      |
| Средняя ошибка аппроксимации     | 1,03                    | 4,27      | 4,65      | 5,06      |
| Количество АТС                   |                         |           |           |           |
| Коэффициент детерминации         | -                       | 0,99      | 0,99      | 0,99      |
| Средняя ошибка аппроксимации     | -                       | 2,73      | 2,78      | 3,45      |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При снижении времени простоя АТС под погрузкой-разгрузкой в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ наблюдается:

- при реализации первого варианта плана перевозок возрастание выработки АТС в тоннах в 1,5 раза и тонно-километрах в 1,2 раза при неизменном потребном количестве АТС (10 ед.), в диапазонах от 0,9 до 0,8 и от 0,6-0,5 часа наблюдается отсутствие реакции системы на изменение величины времени простоя АТС под погрузо-разгрузочными работами:

- при реализации второго варианта плана перевозок возрастание выработки АТС в тоннах в 3,05 раза и тонно-километрах в 3 раза при увеличении необходимого количества АТС в 2,17 раза:

- при реализации третьего варианта плана перевозок возрастание выработки АТС в тоннах в 3,41 раза и тонно-километрах в 3,76 раза при увеличении необходимого для реализации плана количества АТС в 2,38 раза.

- при реализации четвертого варианта плана перевозок возрастание выработки АТС в тоннах в 3,85 раза и тонно-километрах в 3,8 раза при увеличении необходимого для реализации плана количества транспортных средств в 2,75 раза.

2. Для установленных зависимостей результатов функционирования группы АТС в совокупности малых ненасыщенных АТСПГ, независимо от принятого к исполнению варианта плана перевозок строительных грузов, коэффициенты детерминации уравнений  $R^2$  составляют от 0,93 до 0,99, средние ошибки аппроксимации составляют от 1,03% до 5,06 %, что позволяет утверждать, что данные зависимости влияния  $t_{\text{пв}}$  на функций  $Q(t_{\text{пв}})$ ,  $P(t_{\text{пв}})$ ,  $A_{\text{э}}(t_{\text{пв}})$  адекватно описывают исследуемый процесс.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николин, В.И. Грузовые автомобильные перевозки : монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. – Омск : Вариант-Сибирь, 2004. – 479 с.
2. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами. Часть 1. Системная эффективность эксплуатации автомобильного транспорта / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 9. – С. 148-153.
3. Афанасьев Л.Л. Автомобильные пере-

возки. - М.: Транспорт, 1973. - 320 с.

4. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 560 с.

5. Николин, В.И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок: дисс. .... д-ра техн. наук: 05.22.10 / Николин Владимир Ильич. – М., 2000. – 343 с.

6. Витвицкий, Е.Е. Средняя автотранспортная система перевозок грузов в городах / Е.Е. Витвицкий, Е.С. Федосеев // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики [Электронный ресурс] : сб. научн. тр. каф. «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках междунар. научн.-практ. конф. «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации», 7-9.12.2016 г. ред. Е.Е. Витвицкий. – Омск : СибАДИ, 2016. – С. 191-194.

7. Николин В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов. – М.: Транспорт, 1990. – 191 с.

8. Одинцов, Д.Г. Транспортное обеспечение строительных потоков: монография / Д.Г. Одинцов, В.А. Невьянцев. – М.: Стройиздат, 1992. – 337 с.

9. Гражданский кодекс Российской Федерации. Статья 789 // [Электронный ресурс]. – Система ГАРАНТ.

10. Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельные расценки для оплаты труда водителям. – М.: Экономика, 1988. – 40 с.

11. Витвицкий, Е.Е. Моделирование транспортных процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Витвицкий. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2017.

12. Витвицкий, Е.Е., монография. / Методы ресурсосбережения в автотранспортном комплексе при перевозке грузов «для собственных нужд» в городах : монография. /Е.Е. Витвицкий, А.Х. Толебаева. – Омск : СибАДИ, 2016. -117с.

13. Елисеева, И.И. Эконометрика: учебное издание / Елисеева И.И., Курышева С.В., Костеева Т.В. и др. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 345 с.

14. Бережная, Е.В. Экономические методы моделирования экономических систем: учебное пособие / Бережная Е.В., Бережной В.И. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 433 с.

## THE INFLUENCE OF TIME LOADING AND UNLOADING ON FUNCTIONINGST COMPLEXS OF SMALL AUTOTRANSPORT SYSTEMS CARGO TRANSPORTATION BY TRANSPORT OF COMMON USE

E.S. Fedoseenkova, E.E. Vitvitskiy

**Abstract.** *The influence of the idle time during loading and unloading on the results of the work of a group of vehicles in the aggregate of small motor transportation systems of cargo transportation was investigated. The solution of the problem is represented by the example of brick transport on pallets from the manufacturing plant in the city by rolling stock of general use. The dependencies of the results of the work of a group of vehicles in the aggregate of small motor transport systems have been established, and their verification has been carried out for adequacy of the process under influence.*

**Keywords:** *Idle time when performing loading and unloading operations, dependenci, complexes of small autotransport systems cargo transportation*

### REFERENCES

1. Nikolin V.I., Vitvickij E.E., Mochalin S.M. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Freight transport by road]. Monografiya, Omsk, Variant-Sibir', 2004. 479 p.
2. Rassoha V.I. Situacionnoe upravlenie avtotransportnymi sistemami. Chast' 1. Sistemnaja jeffektivnost' jekspluatacii avtomobil'nogo transporta [Situational management of motor transportation systems. Part 1. System efficiency motor transport operation]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009, no 9, pp 148-153.
3. Afanas'ev L.L. Avtomobil'nye perevozki [Motor transportation]. Moscow, Transport, 1973. 320 p.
4. Vel'mozhin A.V., Gudkov V.A., Mirotin L.B., Kulikov A.V. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Freight transport by road]. Moscow, Gorjachaja linija Telekom, 2016. 560 p.
5. Nikolin V.I. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya teorii gruzovyh avtomobil'nyh perevozok [Scientific bases of perfection of the theory of road freight transport: the dissertation on competition of a scientific degree of doctor of technical Sciences]. Doctor's thesis. Moscow, 2000, 343 p.
6. Vitvickij E.E., Fedoseenkova E.S. Srednjaja avtotransportnaja sistema perevozok gruzov v gorodah [Medium transport system of transportations of cargoes in cities]. Razvitie teorii i praktiki avtomobil'nyh perevozok, transportnoj logistiki: sbornik trudov kafedry «Organizacija perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. «Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj komplekсы: problemy, perspektivy, novacii», Omsk, SibADI, 2016. pp 191-194.
7. Nikolin V.I. Avtotransportnyj process i optimizacija ego jelementov. Moscow. Transport, 1990. 191 p.
8. Odincov D.G., Nev'jancev V.A. Transportnoe obespechenie stroitel'nyh potokov [Transport security construction flows]. Moscow, Stroyizdat, 1992. 337 p.
9. Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii [Civil Code of the Russian Federation]. Stat'ja 789 Jelektronnyj resurs]. Sistema GARANT.
10. Edinye normy vremeni na perevozku gruzov avtomobil'nym transportom i sdel'nye rascenki dlja oplaty truda voditeljam [Unified time norms for the transport of goods by road and piece rates for paying drivers] Moscow, Jekonomika, 1988. 40 p.
11. Vitvickij E.E. Modelirovanie transportnyh processov [Modeling of transport processes], [Jelektronnyj resurs]. Omsk, SibADI, 2017.
12. Vitvickij E.E., Tolebaeva A.H. Metody resursosberezhenija v avtotransportnom komplekse pri perevozke gruzov «dlja sobstvennyh nuzhd» v gorodah Methods of resource-saving in the motor transport complex for transportation of goods "for own needs" in the cities]. Monografiya. Omsk, SibADI, 2016. -117p.
13. Eliseeva I.I., Kuryшева S.V., Kos-teeva T.V. i dr. Jekonometrika [Econometrics]. Moscow, Finansy i statistika, 2001. 345 p.
14. Berezhnaja E.V., Berezhnoj V.I. Jekonomicheskie metody modelirovanija jekonomicheskikh system [Economic methods of modeling economic systems]. Moscow, Finansy i statistika, 2006. 433 p.





В работе [2] показана перспективность использования интеллектуальной транспортной сети при управлении транспортными потоками мегаполиса. Приведена и проанализирована структура ИТС, сделан обзор основных идей и методов в области имитационного и прогнозного моделирования транспортных потоков.

В рамках статьи [3] предлагаются стратегии по снижению транспортной нагрузки на УДС крупных городов, а так же необходимые меры для реализации ИТС на примере города Санкт-Петербурга.

Целью настоящего исследования является выявления закономерности продолжительности временных циклов соседних СО на длину очередей, возникающих между светофорными объектами. Актуальность такой работы оправдана тем, что в настоящее время в г. Туле не проведены работы по согласованию циклов светофорного регулирования даже на соседних пересечениях. Кроме этого, при решении перспективных вопросов внедрения ИТС так же необходимо подобное согласование.

Теоретической основой для разработки перспективных алгоритмов адаптивного управления может стать нелинейная динамика транспортных систем, применяемая для моделирования транспортных потоков [4-6]. В рамках такого подхода существенно возрастает роль прогнозирования различных состояний транспортной системы, как на макро-, так и на микроуровнях.

### ДОПУЩЕНИЯ МОДЕЛИ

1) не учитывается наличие маршрутов общественного транспорта; данное допущение приемлемо для решаемой задачи и не вызывает дополнительных погрешностей, так как время суток в задаче не увязывается с расписанием маршрутного транспорта, а статистически наличие пассажирского подвижного состава учитывается с помощью состава транспортного потока (см. ниже);

2) влияние парковочных мест не учитывается, так как на исследуемом участке они находятся в заездных карманах и существенно не влияют на движение транспорта в крайней правой полосе;

3) расстояния входов транспортных потоков выбирались произвольно от центра пересечений, то есть состояние транспортных потоков на смежных к исследуемому участкам УДС учитывается величиной потока за единицу времени; при необходимости всегда имеется возможность детализировать входные

потоки по сколь угодно малым интервалам времени в течение суток;

4) геометрия улиц учитывается шириной и количеством полос для движения; локальные изменения направления и ширины незначительны и для задачи исследования существенной погрешности не вносят;

5) состав транспортного потока: установлено следующее соотношение состава транспортного потока: 95 % – легковые автомобили; 5% – автобусы; грузовые автомобили отсутствуют ввиду запрета на движение подобных транспортных средств по пр. Ленина;

6) скорость автотранспортных средств (АТС) изменяется в соответствии с широко известной моделью «следования за лидером»;

7) пешеходное движение не учитывается, так как считается, что пешеходы полностью успевают переходить улицы за время пешеходной фазы и не создают препятствий для транспортных средств.

Исходные данные для экспериментов были получены в результате проведенного натурного обследования пересечений на проспекте Ленина (в сторону ул. Советской) между улицами Льва Толстого и Первомайской в городе Тула.

Натурное обследование проводилось в рабочие дни с 17:00 до 18:00. В эти часы УДС имеет наивысшую загрузку в связи окончанием рабочего дня, при этом интенсивности и плотности транспортных потоков на перекрестках фиксировались на видеокамеру. В дальнейшем путем воспроизведения видеоматериалов было подсчитано количество АТС в необходимых направлениях.

С помощью сервиса «Яндекс-карты» было определено расстояние между исследуемыми пересечениями. Кроме этого, были установлены параметры циклов светофорного регулирования: цикл СО на ул. Льва Толстого в настоящее время составляет 95 сек, а на ул. Первомайская – 120 сек (рис.1).

Вычислительный эксперимент проводился при изменении цикла СО на ул. Льва Толстого и постоянном цикле на ул. Первомайская. Для определения наиболее рациональной длительности циклов эксперимент проводился 8 раз, из которых 1 раз относительно базового (существующего), 1 раз для цикла в 120 секунд на Льва Толстого и Первомайской и 6 раз с вариацией смещения цикла между соседними СО в 5-30 сек. Смещение проводилось для 2-й группы светосигнальных установок, т.е. ул. Льва Толстого.



## ОПИСАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Для выполнения экспериментов использовалась программа PTV - VISION VISSIM, в которой была создана модель УДС (см. рис. 1).

Задача, решаемая с помощью модели, – оценить влияние параметров работы светофорных объектов при различных циклах светофорного регулирования на длину очередей и количество остановок транспортных средств при проезде пересечений.

На соответствующих перекрёстках были введены светосигнальные группы, ул. Первомайская – 1-ая группа и ул. Льва Толстого – 2-ая.

Все разрешенные направления движения автомобилей задавались с помощью функции «Решения маршрута», при этом количество автомобилей по направлениям в процентах задавалось по результатам наблюдений.

В модели устанавливаются правила дорожного движения, чтобы исключались «столкновения» и «пересечения» транспортных потоков. Для этого использовались функции «Знаки приоритета» и «Конфликтные зоны».

Для сбора информации устанавливается «счетчик затора» и «измерительный пункт».

План проведения эксперимента:

1) Запуск программы с базовыми циклами СО для имитации реальной обстановки на УДС. После имитации 2-х часов работы СО были получены данные о количестве остановок, длине очереди и потоке.

2) Установление эквивалентности циклов светосигнальных групп, т.е. все временные значения смены сигналов на ул. Льва Толстого стали равны аналогичным на ул. Первомайской. Полученные данные заносились в таблицу и строились графики.

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

По результатам эксперимента было построено семейство кривых, отображающих зависимость средней длины очереди и количества остановок от длины цикла.

Ниже приведено парное сравнение при разных продолжительностях светофорного регулирования и смещениях (рис. 2 и 3).

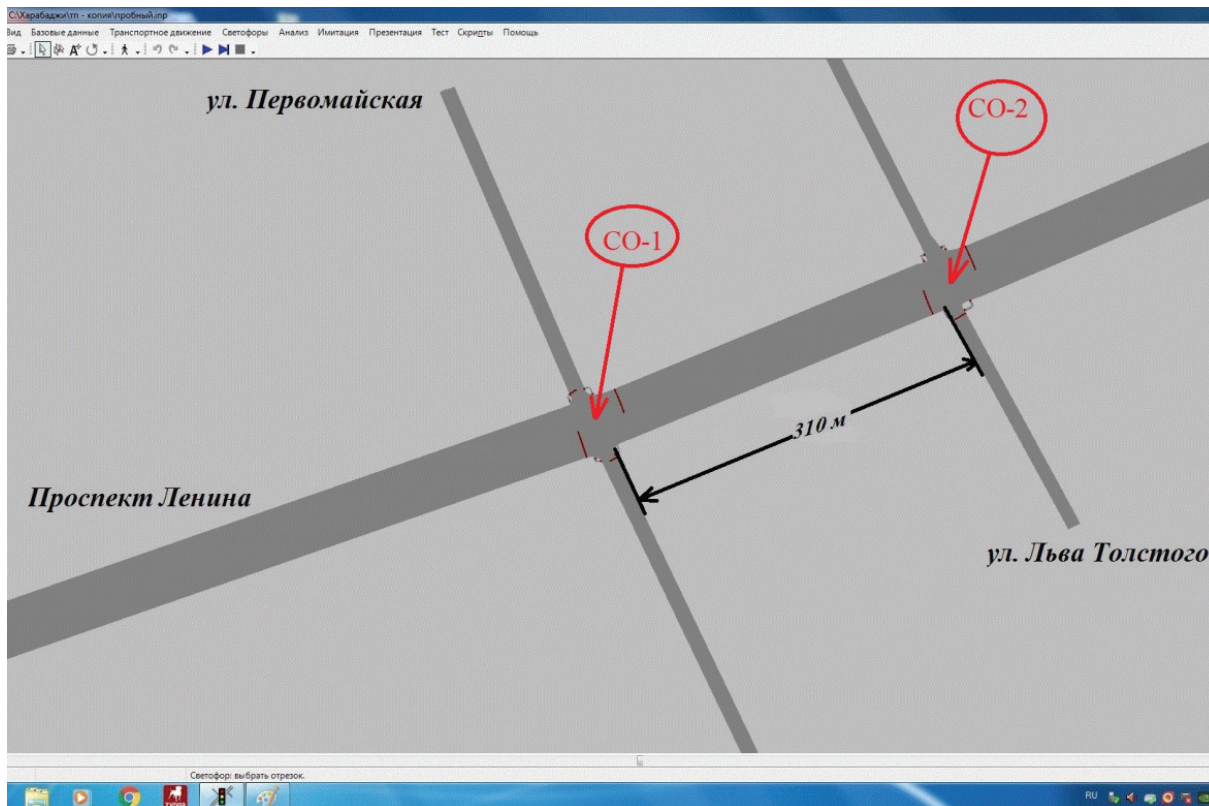


Рисунок 1 – Параметры модели УДС

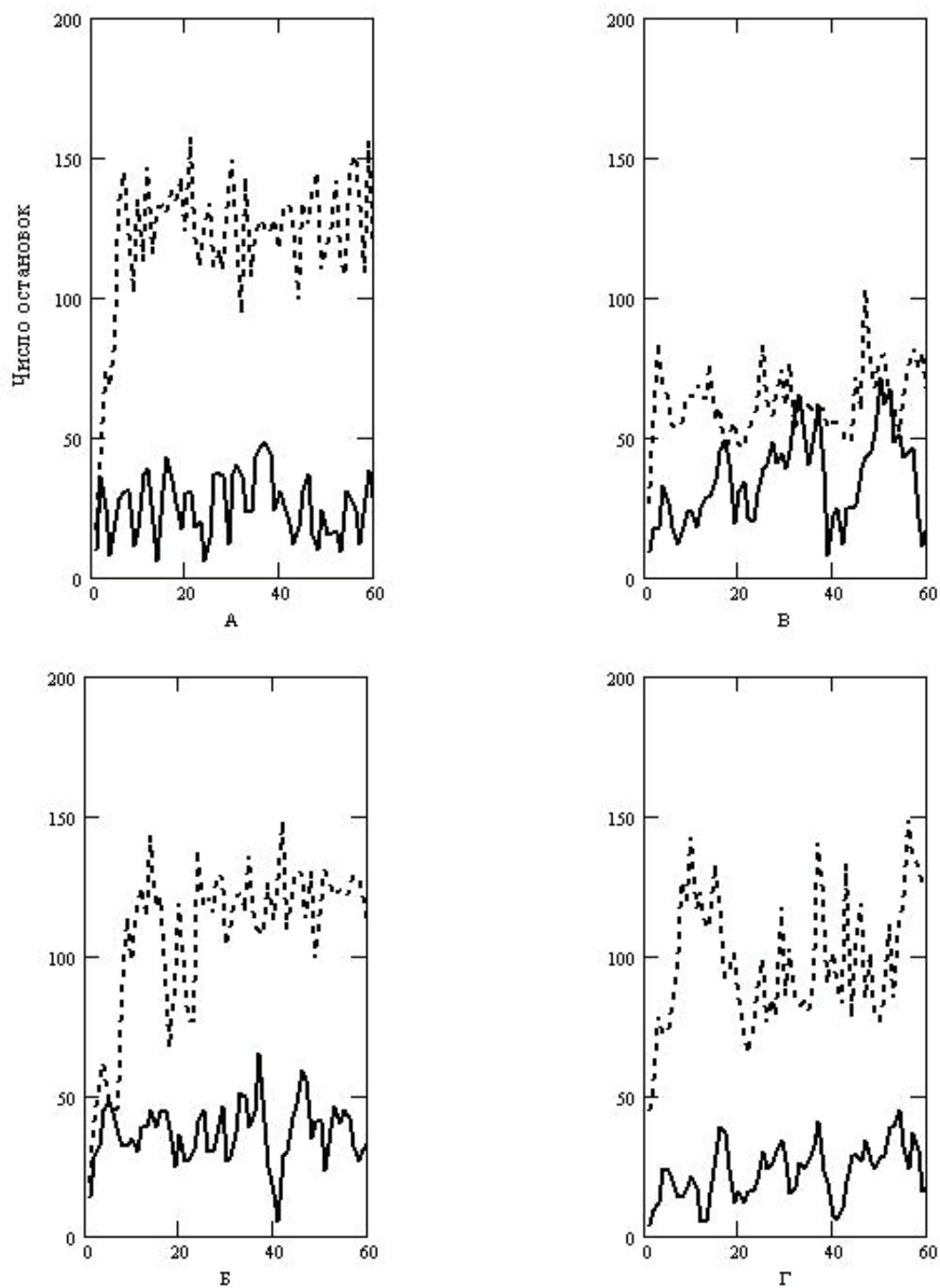


Рисунок 2 – Сравнение эффективности регулирования СО по количеству остановок в очереди АТС.  
По оси абсцисс указан номер цикла светофорного регулирования в одном вычислительном эксперименте, по оси ординат – суммарное количество остановок, совершенных всеми АТС при проезде пересечения.  
А – ул. Л. Толстого - 90 сек, ул. Первомайская – 120 сек; Б – ул. Л. Толстого – 120 сек, ул. Первомайская – 120 сек, смещение 0; В – то же, смещение 15 сек; Г – то же, смещение 30 сек; сплошная линия – очередь перед ул. Л. Толстого (в центр), пунктирная – перед ул. Первомайской (из центра)

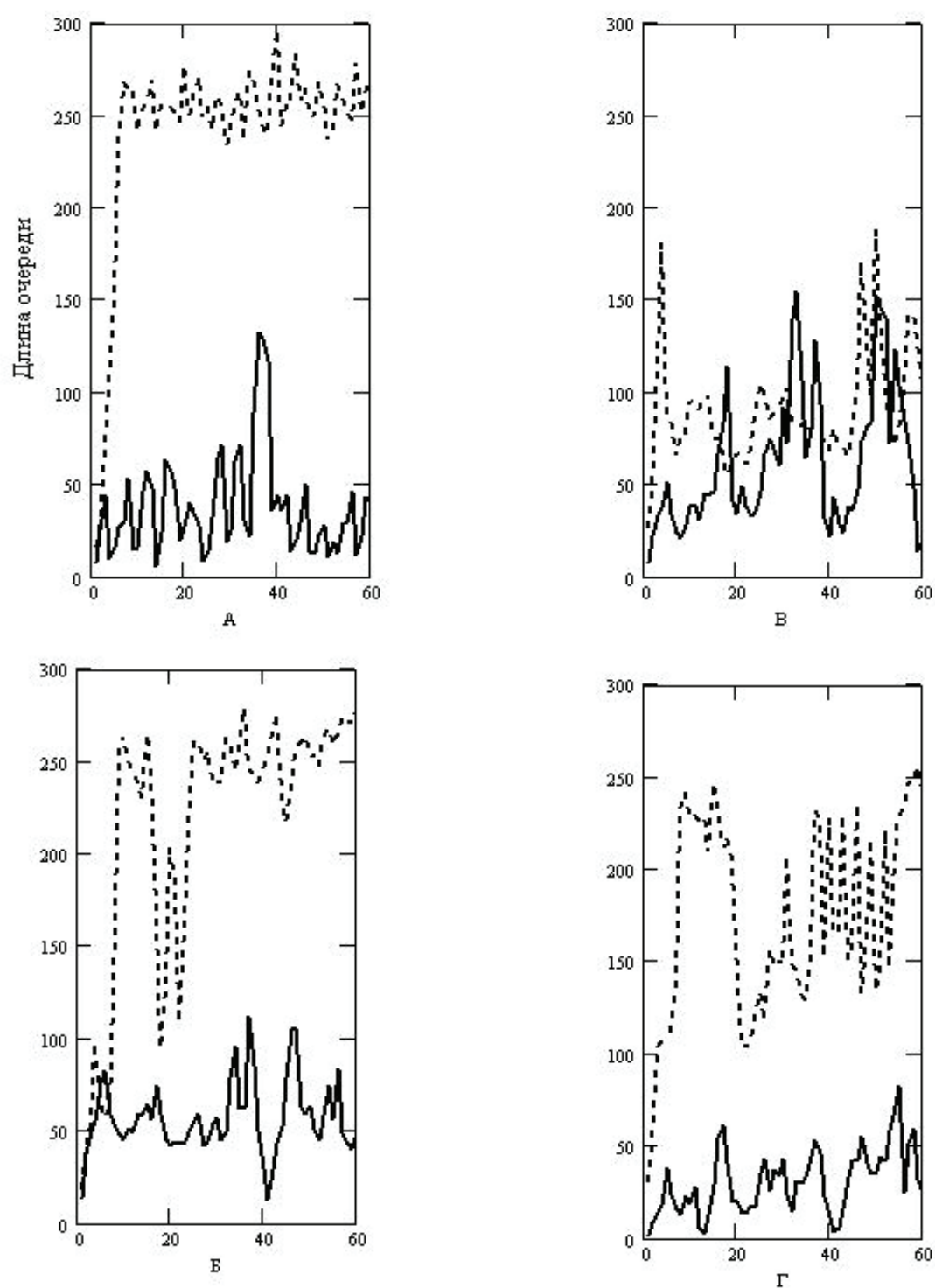


Рисунок 3 – Сравнение эффективности регулирования СО по длине очереди (остальные обозначения те же, что и на рис.2)

Как видно из графиков (см. рис. 2 и 3), количество остановок и длина очереди существенно зависят от продолжительности цикла на перекрестке. При существующей ситуации (для ул. Льва Толстого – 95 сек и ул. Первомайская – 120 сек, рис.2,3, А) очевидна существенная разница в длинах очередей, скапливающихся в перегоне в противоположных направлениях, что говорит о практической необходимости увеличить цикл светофора до 120 сек на ул. Льва Толстого.

С помощью построенной модели исследовался вопрос влияния смещения начала работы светофорных объектов на соседних пересечениях. Проведено парное сравнение длины очереди и количества остановок при смещении в 15-30 сек. Опыты, выполненные со смещением от 5 до 10 секунд, не показаны в данной работе ввиду низкой эффективности этих вариантов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования с помощью модели были выявлены изменения длины очереди и количества остановок от параметров цикла светофорных объектов на соседних перекрестках, а так же сделан анализ полученных результатов. Так, рис.2, А показывают, что среднее число остановок в базовом (существующем) варианте составляет: для ул. Первомайской (от центра) – около 125, для ул. Л. Толстого (к центру) – около 25. Это свидетельствует о крайней неравномерности работы перегона. Вариант на рис.2, В показывают, что среднее число остановок при смещении циклов на 15 сек составляет: для ул. Первомайской (от центра) – около 70, для ул. Л. Толстого (к центру) – около 30. Подобные результаты видны и для длины очереди (рис.3, А и В).

Модель и последовательность выполнения расчетов могут использоваться для решения аналогичных задач и для других перекрестков в г. Туле и в других городах и представляют собой методику, позволяющую выявлять наиболее рациональный вариант светофорного регулирования с точки зрения сокращения длин очередей и увеличения пропускной способности перекрестков, а также более однородного использования перегона в противоположных

направлениях.

Таким образом, получены инструменты (модель и методика), позволяющие выбирать наиболее рациональные соотношения циклов соседних светофоров, что является необходимым подготовительным этапом при принятии решений о включении адаптивных алгоритмов управления СО [7-8]. На основании проведенных опытов можно сделать выводы о целесообразности повышения времени светофорного цикла на ул. Льва Толстого. При временном цикле 95 сек наблюдается большое скопление автомобилей в очереди на перегоне перед ул. Первомайской (рис.2 и 3). При цикле 120 сек и смещении в 15 сек представляет собой наиболее рациональный вариант, в обоих направлениях средняя длина очереди и количество остановок становятся более близкими по величине.

Представляется крайне перспективным для более точного решения задачи использовать динамические модели транспортных потоков в рамках нелинейной динамики, в которой могут быть учтены различные фазы состояния транспортного потока [4-6].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев А. И. Современные методы светофорного регулирования [Электронный ресурс]. 2014. N 2 (2). Режим доступа: <http://www.adi-madi.ru>
2. Павленко П. Ф. Моделирование системы адаптивного управления транспортными потоками // Наука, техника и образование. 2015. № 7(13), С.34-37.
3. Ногова Е. Г. Интеллектуализация транспортных систем в задаче стабилизации транспортной ситуации в крупных городах [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.adf.spbgasu.ru/Conference2006/section\\_3.pdf](http://www.adf.spbgasu.ru/Conference2006/section_3.pdf)
4. Агуреев И. Е. Нелинейные модели транспортных процессов и систем // Известия ТулГУ. Серия: Автомобильный транспорт. 2006. Вып.10. С.3-11.
5. Агуреев И. Е., Богма А. Е., Пышный В. А. Динамическая модель транспортной макросистемы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 6. Ч. 2. С.139-145.
6. Агуреев И. Е., Гладышев А. В. Динамика производства и спроса в диссипативной моде-







# РАЗДЕЛ III.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

625.72:004.4

### КАЛЕНДАРНО-СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ MSPROJECT

Т.В. Боброва<sup>1</sup>, А.А.Дубенков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;

<sup>2</sup>Компания Ronas IT, г. Омск, Россия

**Аннотация.** В статье раскрываются особенности организационно-технологического проектирования линейно-протяженных объектов в контексте современного развития технологий информационного моделирования автомобильных дорог (ИМД). Предложен метод автоматизированного построения календарно-сетевых графиков строительства автомобильных дорог в среде MSProjectс учетом пространственной декомпозиции линейно-протяженного объекта на однородные участки. Обозначены принципы иерархической структуризации видов работ и технологических процессов. Представлен пример перехода от линейного графика и диаграммы Ганта, построенной в программе MSProject, к сетевым моделям по методу критического пути с учетом вариантов растяжения фронтальных и ресурсных связей между работами. Определены условия имитационного моделирования в среде MSProject для выявления рисков производства работ и оперативного управления строительством. Изложенный в статье подход раскрывает дополнительные возможности проектирования организации строительства линейных объектов, направленные на повышение эффективности методов информационного моделирования в строительстве

**Ключевые слова:** информационное моделирование, линейно-протяженный объект, календарно-сетевой график, среда MSProject

#### ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологии информационного моделирования в строительстве (BIM) применительно к автомобильным дорогам, которые относятся к линейно-протяженным объектам, осуществляется в нашей стране на базе совершенствования методов САПР и ГИС технологий. В журнале «САПР и ГИС автомобильных дорог», издаваемом с начала 2014 года, авторы [1,2,3] и другие последовательно излагают свое видение методических и организационных аспектов этой проблемы. Рассматриваются варианты взаимодействия информационных моделей разных типов на этапах жизненного цикла (ЖЦ) автомобильной дороги от предпроектной подготовки до стадии эксплуатации. Авторы [4,5] отмечают,

что для полноценного внедрения BIM технологий в виде информационной модели дороги (ИМД) необходимо учитывать особенности и специфику нормативно-технической базы в дорожной отрасли России.

Реализация комплексного подхода к ИМД в нашей стране по сути только начинается, хотя уровень проработки отдельных моделей в системе САПР достаточно высокий [16]. Дальнейшее развитие информационных технологий в этой области предполагает комплексное управление автомобильными дорогами, основанное на конвергенции моделей проектных, строительных и эксплуатационных работ. Важным этапом в развитии автоматизированного проектирования, по мнению А.В. Скворцова [6]: «стал перенос акцента с технического проектирования объекта на комплексное управле-

ние видоизменяющимся объектом в течение всего его жизненного цикла». Для достижения этих целей автор [3] обосновывает актуальность дальнейшего развития программного обеспечения отечественных технологий ИМД, направленных на обеспечение интеграции систем разных производителей к работе с 4D информационными моделями дорог.

Уникальность BIM технологии, на которую ориентируются отечественные и зарубежные разработчики, заключается в том, что все элементы комплекса моделей должны быть связаны определенными зависимостями [7,8,9,10,11]. При изменении отдельного элемента модели объекта обновление документации, связанной с этим элементом, осуществляется автоматически на разных стадиях ЖЦ проекта.

В статье Лигоцкого А.Н. [12] анализируется опыт ОАО «Союздорпроект» в разработке проектной документации с применением технологии информационного моделирования в среде общих данных программных продуктов компании Autodesk Vault. В качестве специального программного обеспечения проекта использовалась отечественная САПР IndorCAD компании «ИндорСофт» (г. Томск).

Авторы [6,12], анализируя обеспечение концепции ИМД различными информационными технологиями в разрезе стадий ЖЦ автомобильных дорог, называет совместимыми с BIM технологиями в области управления проектами разработки компаний Revit и ProjectWise

Это означает, что на данном этапе развития ИМД есть смысл рассматривать вопросы организационно-технологического проектирования транспортных объектов с позиций существующих программных продуктов в частности MSProject, Oracle Primavera и т.д. К тому же именно эти продукты получили достаточно широкое распространение в отечественных бизнес структурах и в проектных организациях. Выходные документы этих программ в виде календарно-сетевых графиков совместимы с BIM+4D технологиями. Как заказчик, так и подрядчик могут на стадии реализации проекта отслеживать исполнение календарно- сетевого графика строительства автомобильной дороги в режиме визуализации, автоматически формировать исполнительную документацию.

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ MSPROJECT**

Календарное планирование транспортных объектов, имеет свои особенности, которые отмечены в ряде нормативных документов [13,14]. Если говорить о календарных графиках строительства автомобильных дорог в составе ПОС и ППР, то в основном они представлены в виде обычных линейных графиков, на которых укрупненно, и не всегда корректно, отображаются объемы и сроки выполнения отдельных видов работ. Недостаточная проработка вопросов организации строительства в составе проектной документации является одним из факторов нарушения плановых сроков ввода объектов в эксплуатацию. Преимущество сетевого планирования, в котором отображается критический путь, резервы времени для управления проектами, давно доказано, но определенные трудности расчетов линейного поточного строительства существенно усложняют разработку сетевых моделей в среде MSProject. К таким факторам относятся: влияние внешних природно-климатических факторов, сезонность работ, неравномерность распределения объемов по длине дороги, изменение производительности отрядов на отдельных участках, многовариантность технологий и ряд других. В то же время в последних версиях MSProject эти трудности можно преодолеть, используя определенные методики, и выйти на календарно-сетевое планирование линейных объектов в автоматизированном режиме.

В рамках данной статьи мы не будем останавливаться детально на технологии работы в программе. Это можно сделать, ознакомившись с работами ряда авторов, например [15]. Отметим только некоторые особенности планирования в среде MSProject, которые должны предшествовать разработке календарного графика. Процесс строительства в этой программе первоначально отображается в виде ленточной диаграммы Ганта. Основной характеристикой работы является продолжительность ее выполнения. Взаимосвязь между основными видами графиков: линейным, диаграммой Ганта и сетевым графиком можно представить в виде схемы (рисунок 1) [16].

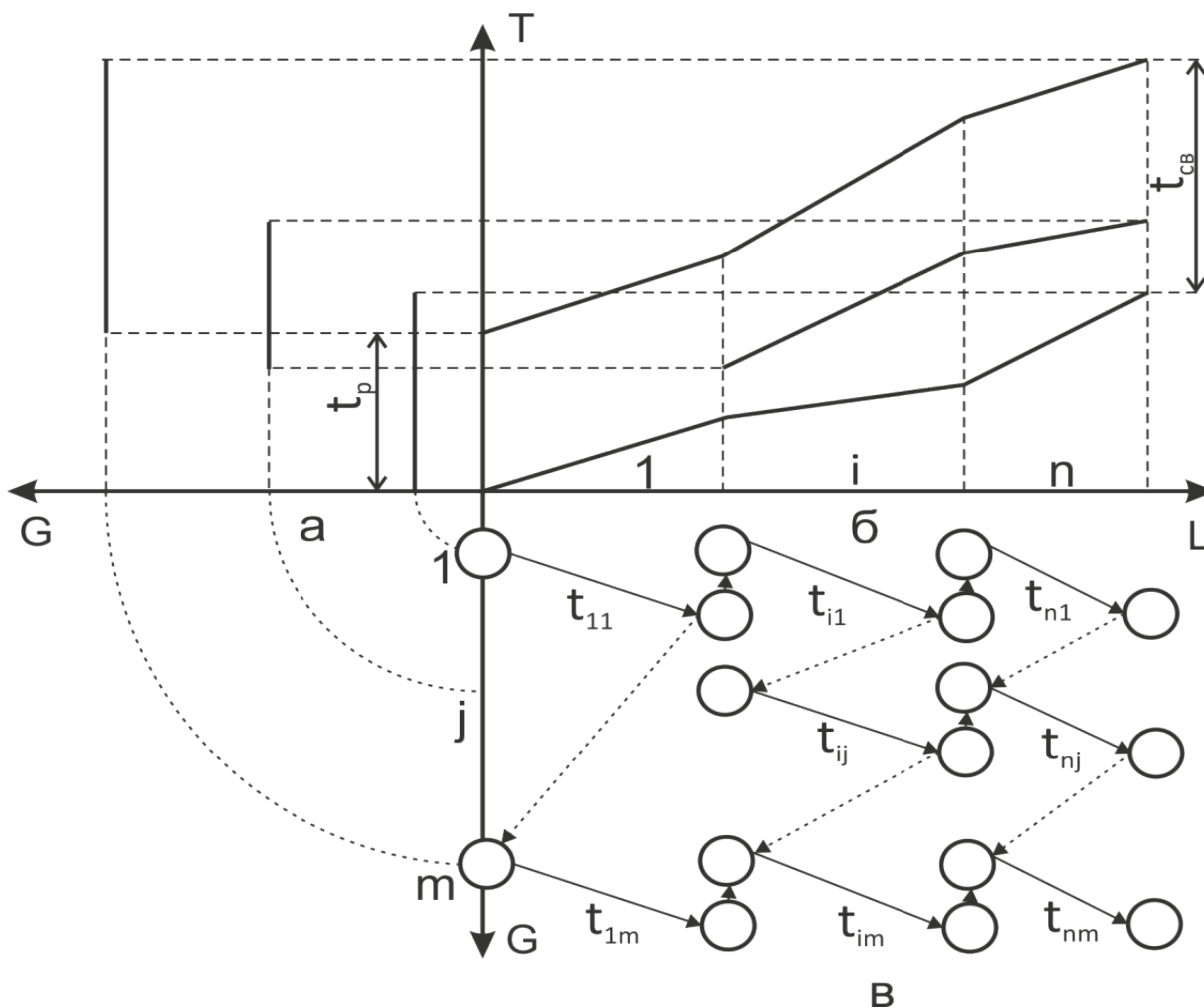


Рисунок 1 – Модели календарного планирования линейного объекта:  
а – линейный график; б – ленточный график Ганта; в – сетевой график;  
G – вид работ; L – длина общего фронта работ; T – время;  
 $t_{ij}$  – ритм j-го вида работ на i-м частном фронте; m – число видов работ;  
n – число частных фронтов;  
 $t_p, t_{cb}$  – продолжительность периодов развертывания и свертывания потоков

На этой схеме, видно, что перенос данных из линейной модели в сетевую модель возможен при разделении линейного объекта на участки.

Учитывая неравномерность распределения объемов по длине дороги, разные технологические условия работы комплексов машин и другие факторы, линейный объект может быть представлен в виде совокупности относительно однородных участков. Разделение на однородные участки можно осуществлять разными методами. В работах [17,18,19] этот процесс определен как структурно-модульная декомпозиция объекта. Для проектирования организации строительства также осуществляют декомпозицию комплексного

дорожно-строительного процесса: выделяют специализированные потоки (по элементам дорожной конструкции); рабочие технологические процессы и операции с учетом конструктивных особенностей реализации проектных решений на отдельных линейных модулях.

Для построения укрупненного линейного графика на уровне специализированных отрядов можно использовать организационно-технологическую модель [20]. Увязка работ в этой модели осуществляется по фронту работ, обеспечивая непрерывность использования ресурсов. Такой тип модели можно использовать на первой стадии для увязки специализированных потоков по фронту работ. Результатом расчета является линейный график работы

специализированных отрядов, учитывающий все организационно-технологические факторы и особенности сезонного характера производства работ в дорожном строительстве. В то же время условие непрерывности использования ресурсов, заложенное в данной модели, может увеличивать срок строительства.

Перенос данных с линейного графика на диаграмму Ганта в MSPProject, осуществляют в соответствии со схемой, отображенной на рис.1. В программе MSPProject можно представить иерархическую структуру строительного процесса с той степенью детализации, которая необходима для отображения производственных связей с учетом уровня проектирования.

Основными элементами, которые нужно обозначить для построения диаграммы Ганта, являются: дата начала работ проекта, декомпозиция работ проекта, продолжительности работ в принятых единицах измерения (сутки, смены, часы); ресурсные и фронтальные связи между работами. Именно от этих параметров будет в дальнейшем зависеть построение сетевой модели.

Для корректного отображения в графике условий производства работ, необходимо построить календарный график, отразив в нем рабочие и нерабочие дни, сменность, продолжительность смены. Расчет ленточного графика в форме диаграммы Ганта заключается в определении ранних сроков начала и окончания работ на отдельных участках дороги.

Ранний срок начала каждой работы - это наиболее ранний срок ее начала, не противоречащий связям между работами и их длительностям.

Связи между работами отражаются в виде определенных математических зависимостей и учитывают организационные и технологические перерывы или совмещения работ на общем фронте (временные лаги). Временной лаг между каждой предшествующей и последующей работой может иметь как положительное, так и отрицательное значение. В терминологии сетевого планирования эти зависимости называют растяжением связей.

В программе используют следующие виды связей: ОН – последующая работы может начаться только после окончания предшествующей; НН – работа последующая начинается после того, как начнется работа предшествующая; КК – работа последующая может завершиться после того, как завершится предшествующая; НК – работа последующая может завершиться только после начала последующей.

Преимуществом использования программы MSPProject является автоматический расчет сетевого графика, т.е. определение поздних сроков начала и окончания работ, резервов времени на отдельных работах, выявление критического пути, на котором работы не имеют резервов времени. В то же время расчет сетевого графика будет зависеть от тех исходных параметров по организации работ, которые были внесены на стадии формирования графика Ганта.

В математической модели ранние сроки начала и окончания работ на участках (модулях) определяют прямым последовательным прохождением по всем видам работ с учетом условий взаимодействия технологических процессов по временным параметрам:

1. Расчет ранних сроков начала и окончания технологических процессов на отдельных участках выполняется по формулам:

2.

$$t_{ij}^{op} = t_{ij}^{np} + \tau_{ij}; \quad (1)$$

$$t_{ij}^{np} = \max \left\{ t_{i(j-1)}^{op} + t_{\text{тех}}, t_{i(j-1)}^{op} \pm t_{\text{орг}} \right\}, \quad (2)$$

где  $t_{ij}^{np}$ ,  $t_{ij}^{op}$ ,  $\tau_{ij}$  – соответственно даты раннего начала, окончания и продолжительности выполнения i-го технологического процесса на j-м участке;  $t_{\text{тех}}$ ,  $t_{\text{орг}}$  – соответственно, технологические и организационные перерывы в работе отрядов или совмещение на общем фронте работ (отрицательный лаг), ед. времени;

2. Условия выполнения технологических процессов в определенные сезоны года: (лс) – летний; (зс) – зимний:

$$t_{ij}^H(\text{лс}) \geq t_{\text{лс}}^H; \quad t_{ijs}^O(\text{лс}) \leq t_{\text{лс}}^O; \quad (3)$$

$$t_{ijs}^H(\text{зс}) \geq t_{\text{зс}}^H; \quad t_{ijs}^O(\text{зс}) \leq t_{\text{зс}}^O, \quad (4)$$

где  $t_{\text{лс}}^H$ ,  $t_{\text{лс}}^O$ ,  $t_{\text{зс}}^H$ ,  $t_{\text{зс}}^O$  – соответственно даты начала и окончания летнего и зимнего сезонов.

Возможность ограничения на календарные сроки выполнения работ (сезонные работы) предусмотрена в программе.



## РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ СЕТЕВОГО ГРАФИКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

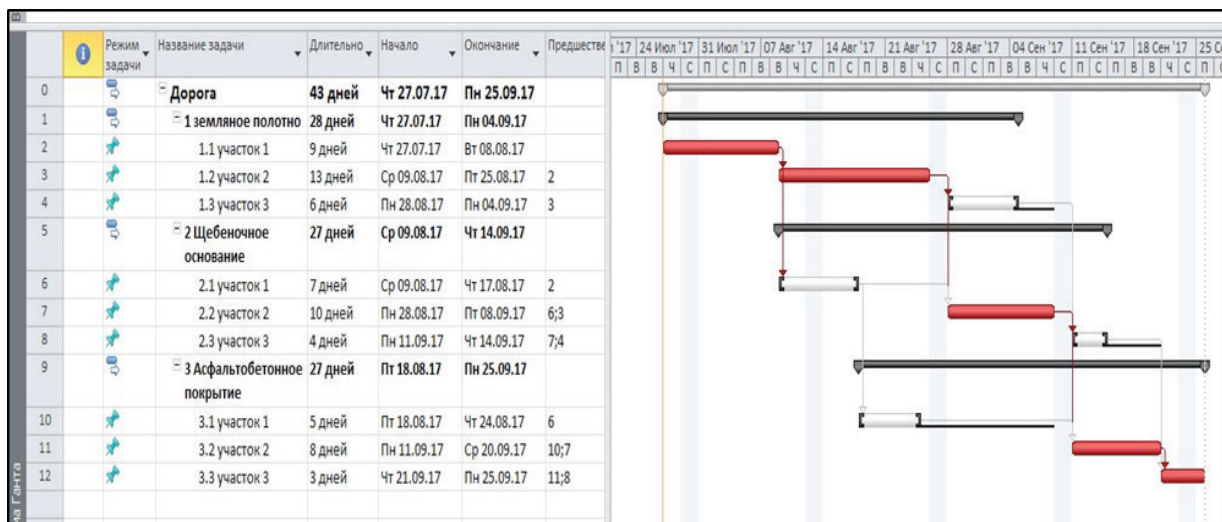
Рассмотрим методику расчета сетевого графика строительства линейного объекта в MSProject на простом демонстрационном примере.

Дорога разбита по длине на три участка с относительно однородными условиями производства работ. На этих участках ведется строительство трех конструктивных элементов поточным методом: земляное полотно, щебеночное основание, асфальтобетонное покрытие.

Определены: дата начала строительства, продолжительность выполнения каждого вида работ на каждом участке. В первом варианте организации строительства (рисунок 2а) связи между каждой предыдущей и последующей работой представлены по схеме ОН с нулевым растяжением связей. Были рассчитаны календарные сроки начала и окончания работ с общей продолжительностью строительства 43 дня.

Учитывая возможность совмещения работ на общем фронте при поточном методе, был составлен второй вариант организации строительства (рисунок 2б)

а)



б)

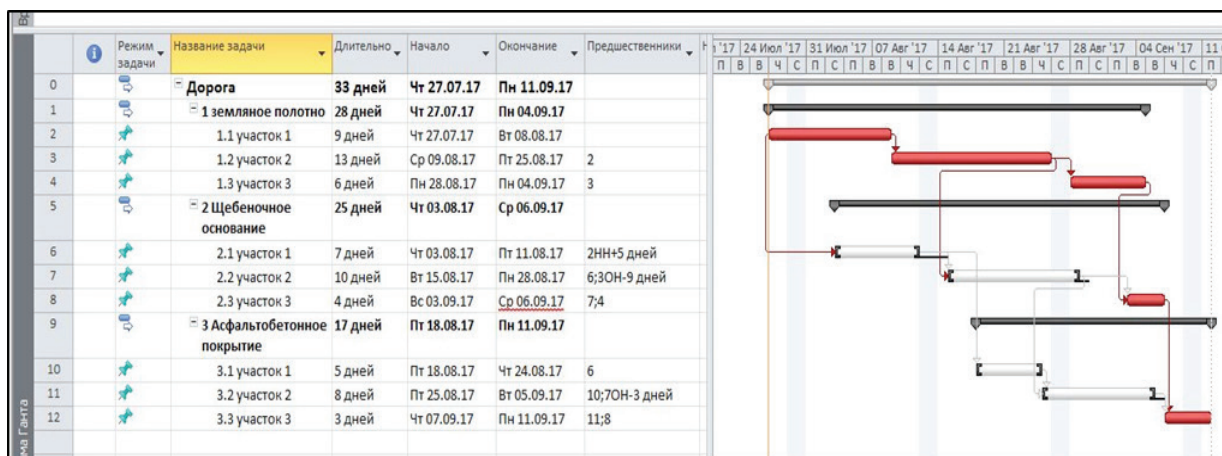


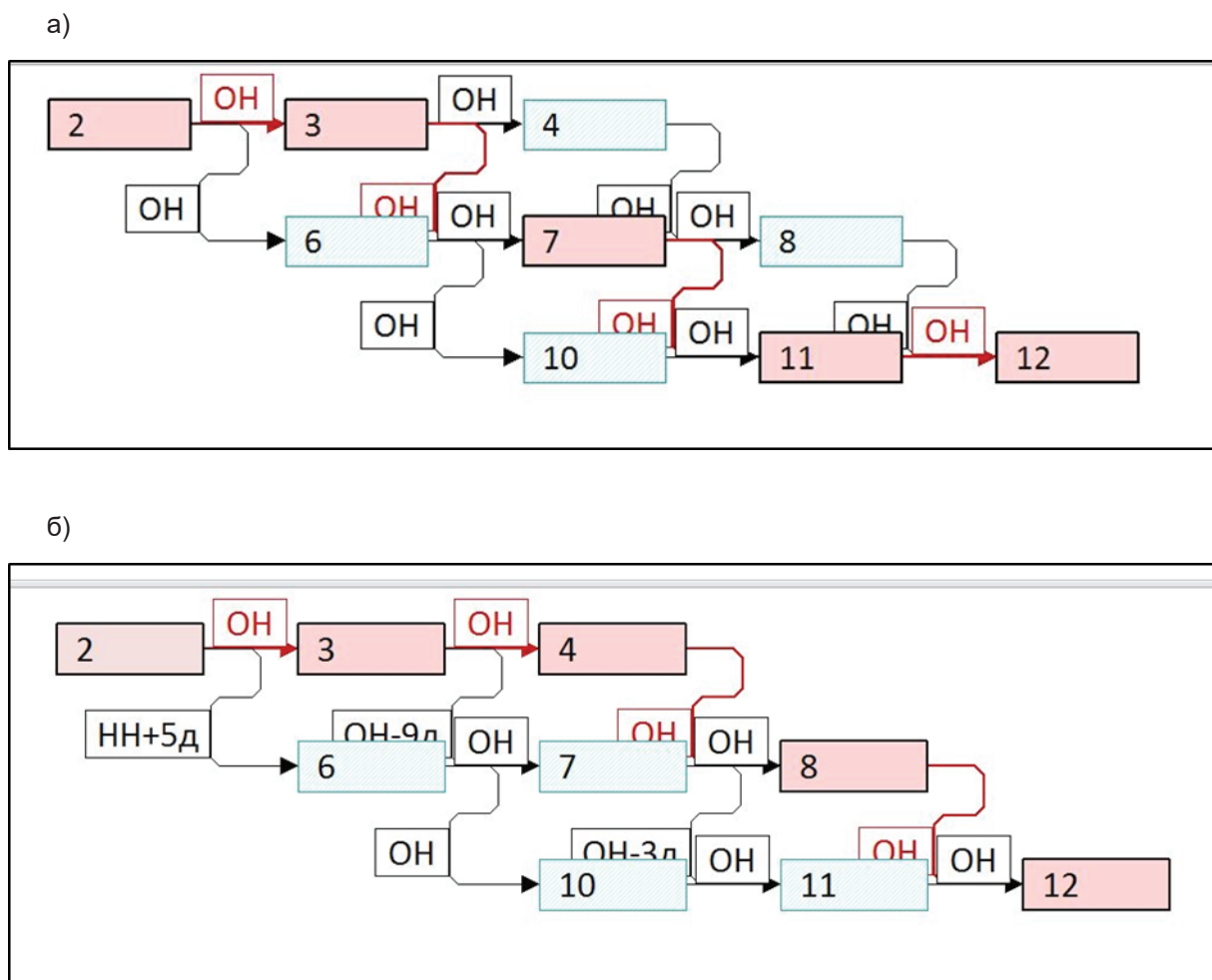
Рисунок 2 – Графики Ганта в MSProject: а - вариант 1; б – вариант 2.  
Обозначения:  - не критические работы;  - работы критического пути



Продолжительности работ остались без изменения, но были изменены связи между работами. Фронтальная связь между строительством земляного полотна и щебеночного основания на первом участке отображена зависимостью ( $2\text{НН}+5\text{дн}$ ). Это означает, что шестой вид работ начинается на 5 дней позже начала второго вида работ. Нумерация работ здесь и далее приведена в первом столбце диаграммы Ганта (см. рис.2а,б). В растяжение связи (5 дней) включено время разворачивания первых двух потоков. Соответствующие изменения по совмещению фронтов работ внесены в 7 и 11 виды работ. Изменения вносились перемещением мышкой вида работ на графиче-

ске Ганта. В программе автоматически пересчитывались сроки начала и окончания работ, критический путь. Общая продолжительность работ по второму варианту составила 33 дня.

По каждому из вариантов сетевые графики рассчитаны автоматически и представлены в виде сокращенных схем на рисунке 3а,б. Определены критические пути, резервы времени в днях на не критических работах. Номера работ в прямоугольниках на схемах 3а,б совпадают с нумерацией видов работ (рис. 2а – первый столбец). В программе сетевые графики можно видеть в более детализированном виде с информацией по срокам и длительности работ.



*Рисунок 3 – Сетевые графики по вариантам:  
а – вариант 1; б – вариант 2  
Обозначения: критический путь по варианту 1: 2-3-7-11-12;  
критический путь по варианту 2: 2-3-4-8-12;  
порядковые номера совпадают с графой 1 на рисунке 1.*

Нужно отметить, что в программе можно продолжить декомпозицию видов работ до уровня рабочих процессов и операций по схемам технологических карт [21,22]. Опыт разработки сетевых графиков по технологической карте строительства земляного полотна описан в работе [20]. При этом можно учесть, что даже на однородных участках объемы и протяженность сменной захватки могут меняться. Этот вопрос в дальнейшем будет изучен более детально. Важным преимуществом программы является возможность отражения реального хода работ и оперативного управления строительством с учетом временных резервов, обозначенных в процессе сетевого планирования.

Преимущество данных моделей в том, что при имитационном моделировании на основе сетевых графиков с вероятностными параметрами, может меняться структура графика, критического пути, но при этом сохраняются ограничения по ресурсным и фронтальным связям. Такие возможности заложены только при моделировании на основе сетевых графиков.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное представление об информационном моделировании жизненного цикла автомобильной дороги предполагает автоматизацию всех процессов проектирования, в том числе и на стадии организации работ. Изложенный в статье подход раскрывает дополнительные возможности использования программы MSProject для расчета сетевых графиков линейных объектов, вариантного проектирования организации строительства, расчета ресурсного обеспечения на протяжении периода строительства, отражения реального хода производства работ и оперативного управления строительством. Принципы иерархического представления декомпозиции видов работ заложены и в системе сметного ценообразования, что позволяет использовать эту программу для дальнейших сметных и финансовых расчетов. Существуют и другие программы, которые могут применяться для целей проектирования организации строительства линейных объектов (Oracle Primavera, COMOKS.CMP, ADVANTA, SPIDER). Нужно отметить, что принципы проектирования календарных графиков в этих программах достаточно общие, переход от одной программы к другой не составляет особых трудностей. Однако MSProject является в настоящее время более доступной программой (она включена в

пакет программ MSOffice), может быть использована в пространственно-временном моделировании в связке со многими другими программами отечественных и зарубежных фирм. Учитывая актуальность решения вопросов информационного моделирования в транспортном строительстве, целесообразно включать освоение программы в учебный процесс по дисциплинам «Организация строительства дорог», «Управление проектами в транспортном строительстве» для направления подготовки «Строительство» для всех уровней, начиная с уровня бакалавра.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1-7
2. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015 №1(4) С. 24-28.
3. Величко Г.В. Как развивать отечественные технологии информационного моделирования дорог? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С.13-19.
4. Сковцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение bim автомобильных дорог// САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22-32.
5. Миронюк В.П. Структура информационной модели автомобильно дороги на предпроектной стадии. // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №2(5). С. 25-29.
6. Сковцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог. // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №2(5). С. 4-12.
7. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool // J. Inform. Technol. Constr. (ITcon). -2012. -Vol. 17. -P. 213-236.
8. Ting W., Ying Y., Xiao L. The impact of BIM application to the project organizational process//3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials. Jinan, 2013. No.357. Pp. 2524-2528.
9. Moon H., Dawood N., Kang L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule//Advanced Engineering Informatics. -2014. -Vol. 28, № 1. -P. 50-65.
10. Kang I.S., Moon H.S., Dawood N., Kang M.S. Development of methodology and virtual

system for optimised simulation of road design data // Automation in Construction. 2010. Vol 19. No. 8. Pp. 1000-1015.

11. Райкова Л.С. Д.А. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений / Л.С. Райкова, С.С. Анисимов, Д.А. Петренко // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 20–24.

12. Лигоцкий А.Н. Информационное моделирование при разработке проектной документации // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С 12-18

13. Организация строительства. СНиП 12-01-2004\* (СП 48.13330.2011) – Organization of construction. – Взамен СНиП 3.01.01-85\*. Введ. 2015.01.01.–СПб : ДЕАН., 2005. – 63 с.

14. СП 32-104-98 (актуал. 2008.10.01.) Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520мм // Утв. ОАО ЦНИИС, 1996.12.27. – 95 с.

15. Бовтеев С. В. Информационные технологии в строительстве. Управление строительными проектами в среде Microsoft Project 2013 Professional : учеб. пособие / С. В. Бовтеев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 292 с.

16. Карпов Б.Н. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебник для студ. учреждений сре. проф. образования / Б.Н. Карпов. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 208с.

17. Боброва Т.В. Совершенствование организационно-технологического проектирования

линейных транспортных объектов на основе моделирования их пространственной декомпозиции / Т.В. Боброва, А.А. Дубенков, И.В. Титарь // Системы. Методы. Технологии. – 2016. - № 4. - С.169-175.

18. Боброва Т.В. Моделирование проектных решений земляного полотна в условиях криолитозоны: монография / Т.В. Боброва, Е.А. Бедрин, А.А. Дубенков. - Омск: СибАДИ. 2016. – 164с

19. Дубенков, А.А. Структурно-модульный подход к проектированию земляного полотна автомобильных дорог в условиях многолетнемерзлых грунтов на основе линейного районирования: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.11 / А.А. Дубенков; науч. рук. доц. Е.А. Бедрин: СибАДИ. – Омск. 2015. – 23с.

20. Боброва, Т.В. Проектно-ориентированное управление производством работ на региональной сети автомобильных дорог : монография. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2006. – 334 с.

21. Kalugin Yu.B. Universal method for calculation of reliable completion times. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 7. Pp. 70–80.

22. Синенко С.А. Применение современных информационных технологий для формирования технологических карт выполнения строительных процессов. // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) № 5 (14), 2015 | ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. С.149-151

## CALENDAR-NETWORK PLANNING OF CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS IN THE MEDIUM OF MS PROJECT

T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov

**Abstract.** The article reveals the features of the organizational and technological design of linear-extended objects in the context of modern development of information modeling technologies for highways (IMD). The method of automated construction of calendar-network schedules of construction of highways in the MS Project environment is proposed, taking into account the spatial decomposition of a linearly extended object into homogeneous areas. The principles of hierarchical structuring of types of work and technological processes are indicated. An example of a transition from a linear graph and a Gantt chart constructed in the MS Project to network models using the critical path method is given, taking into account the options for stretching frontal and resource links between the work. The conditions for simulation modeling in the MS Project environment for identifying the risks of production and operational management of construction. The approach outlined in the article reveals additional possibilities for designing the organization of construction of linear objects aimed at improving the effectiveness of methods of information modeling in construction

**Key words:** information modeling, linear-extended object, calendar-network graph, MS Project environment

#### REFERENCES

1. Bojkov V.N. IT-tehnologii v podderzhke zhiznenno gocikla dorog. SAPR i GIS avtomobilnyh dorog [IT-technologies in supporting the life cycle of roads], 2014. no. 1(2). pp. 1-7. (rus)
2. Barannik S.V. Primenimost BIM-tehnologii v dorozhnoy otrasli. SAPR i GIS avtomobilnyhdorog [Applicability of BIM-technologies in the road sector], 2015 no 1(4) P. 24-28. (rus)
3. Velichko G.V. Kak razvivat otechestvennye tehnologii informacionnogo modelirovaniya dorog? [How to develop domestic technologies of information modeling of roads?] SAPR i GIS avtomobilnyhdorog, 2015. no. 2(5). pp. 13-19. (rus)
4. Skvorcov A.V. Normativno-tehnicheskoe obespechenie bim avtomobilnyh dorog. SAPR i GIS avtomobilnyhdorog [Normative and technical support of bim highways], 2014. no 2(3). pp. 22-32. (rus)
5. Mironyuk V.P. Struktura informacionnoj modeli avtomobilnodorogina pred proektnoy stadii [The structure of the information model is automotive at the pre-project stage]. SAPR i GIS avtomobilnyhdorog, 2015. no 2(5). pp. 25-29. (rus)
6. Skvorcov A.V. Trudnosti perehoda ot avtomatizirovannogo proektirovaniya k informacionnomu modelirovaniyu dorog [Difficulties of transition from computer-aided design to informational modeling of roads]. SAPR i GIS avtomobilnyhdorog, 2015. no. 2(5). pp. 4-12. (rus)
7. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nd planning approach and tool [Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool]. J. Inform. Technol. Constr. (ITcon). 2012. Vol. 17. pp. 213-236.
8. Ting W., Ying Y., Xiao L. The impact of BIM application to the project organizational process [The impact of BIM application to the project organizational process]. Prd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials. Jinan, 2013. no 357. pp. 2524-2528.
9. Moon H., Dawood N., Kang L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule [Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule]. Advanced Engineering Informatics, 2014. Vol. 28, no.1. pp. 50-65.
10. Kang I.S., Moon H.S., Dawood N., Kang M.S. Development of methodology and virtual system for optimised simulation of road design data [Development of methodology and virtual system for optimised simulation of road design data]. Automation in Construction, 2010. Vol 19. no. 8. pp. 1000-1015.
11. Rajkova L.S. D.A. 3D-vizualizaciya kak sovremennaya tehnologiy apovysheniya kachestva proektnyh reshenij [3D-visualization as a modern technology to improve the quality of design solutions]. L.S. Rajkova, S.S. Anisimov, D.A. Petrenko. SAPR i GIS avtomobilnyh dorog, 2014. no 1(2). pp. 20-24. (rus)
12. Ligockij A.N. Informacionnoe modelirovanie pri razrabotke proektnoy dokumentacii. SAPR i GIS avtomobilnyh dorog [Information modeling in the development of project documentation, CAD and GIS roads]. 2016. no. 1(6). pp 12-18. (rus)
13. Organizaciya stroitelstva [Organization of construction]. SNiP 12-01-2004\* (SP 48.13330.2011). Organization of construction. Vzamen SNiP 3.01.01-85\*. Vved. 2015.01.01. SPb. DEAN., 2005. 63p. (rus)
14. SP 32-104-98 (aktual. 2008.10.01.) Proektirovanie zemlyanogo polotna zheleznyh dorog kolei 1520mm [Design of the roadbed of railways of the gauge 1520mm]. Utv. OAO CNIIS, 1996.12.27. 95p. (rus)
15. Bovteev S. V. Informacionnye tehnologii v stroitelstve [Information technologies in construction]. Upravlenie stroitelnymi proektami v srede Microsoft Project 2013 Professional :ucheb. posobie. S. V. Bovteev. SPb. Izd-vo Politehn. unta, 2013. 292 p. (rus)
16. Karpov B.N. Osnovy stroitelstva, remonta i soderzhaniya avtomobilnyh dorog [Fundamentals of construction, repair and maintenance of highways]. uchebnik dlya stud. uchrezhdenijsre.prof. obrazovaniya. B.N. Karpov. Moscow, Izdatelskiy centr «Akademiya», 2011. 208 p. (rus)
17. Bobrova T.V. Sovershenstvovanie organizacionno-tehnologicheskogo proektirovaniya lineynyh transportnyh obektov na osnove modelirovaniyaih prostranstvennoj dekompozicii [Improvement of organizational and technological design of linear transport objects on the basis of modeling their spatial decomposition]. T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov, I.V. Tytar. Sistemy. Metody. Tehnologii. 2016, no. 4. pp. 169-175. (rus)
18. Bobrova T.V. Modelirovanie proektnyh reshenij zemlyanogo polotna v usloviyah kriolitozon: monografiya [Modeling of design decisions of a road cloth in the conditions of cryo-lithozones]. T.V. Bobrova, E.A. Bedrin, A.A. Dubenkov. Omsk, SibADI, 2016. 164p. (rus)
19. Dubenkov, A.A. Strukturno-modulnyj podhod k proektirovaniyu u zemlyanogo polotna avtomobilnyh dorog v usloviyah mnogoletne merylyh gruntov na osnove linejnogo rajonirovaniya







### ВВЕДЕНИЕ

Традиционным решением для строительной индустрии является использование вторичного сырья при производстве строительных материалов. В строительном материаловедении успешно применяется техногенное сырье при получении материалов общестроительного и специального назначения, а также дорожно-строительных материалов, в том числе и асфальтобетонов [1...8]. Переработка отходов в сырье для производства асфальтобетонов обосновано не только решением экологического вопроса утилизации, но и технико-экономическими преимуществами за счет удешевления сырья или увеличения сроков службы изделия, в частности, дорожного полотна из асфальтобетона.

Ежегодно в России образуется более 17 миллионов тонн отходов строительного производства (бой бетона на основе портландцемента) [9], большая часть которых складывается на полигонах и свалках. Зарубежный опыт применения отходов строительного производства указывает на возможность применения щебня, получаемого после ресайклинга, в качестве крупного заполнителя в составах асфальтобетонных смесей [10-15]. Полиминеральность мелкодисперсных частиц, основная часть которых представляет собой смесь цементного камня с кварцевым мелким заполнителем, определяет сложность его применения в составе асфальтобетонов.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

В государственном стандарте ГОСТ 52129-2003 отсутствует информация относительно применения цементосодержащих материалов в составе асфальтобетона, а так же устанавливают ограничения на содержание оксидов Са, Mg, Al, и Fe в наполнителе. Портландцемент представляет собой вещество, состоящее из силикатов, алюминатов и алюмоферритов кальция, при гидратации которого образуются гидросиликаты и гидроалюминаты кальция. Установлено, что минеральный порошок с 20...40% содержанием оксида кальция замедляется интенсивность старения битума в асфальтобетоне. Это способствует повышению его долговечности [16]. Кроме того, установлено, что оксиды железа в минеральном порошке повышают коррозионную устойчивость асфальтобетона и снижают интенсивность

старения битума [17]. Эти данные являются начальными предпосылками для обоснования получения эффективного наполнителя из отходов строительного производства.

С целью выявления управляющих факторов, определяющих особенности взаимодействия наполнителей из цементного камня с битумом, проведение исследований рационально осуществлять на бинарной системе «битум – цементный камень». Причем цементный камень должен быть получен из портландцемента с различным добавлением воды. В работе использовали бездобавочный цемент ПЦ-500 (производство ПК «Русеан»), водоцементное отношение В/Ц = 0,1; 0,2 и 0,4. После твердения в нормальных условиях из цементного камня путем его помола изготавливались минеральные наполнители для асфальтобетона.

Очевидно, что увеличение В/Ц будет приводить к увеличению количества образующихся продуктов реакции гидратации, содержание которых, в свою очередь, будет оказывать влияние на свойства минерального порошка (Таблица 1).

Закономерно предположить, что изменение как химического состава, так и структуры внутрипорового пространства и шероховатости поверхности зерен рассматриваемых минеральных порошков, будет оказывать влияние на особенности их взаимодействия с расплавом битума. Кроме того, в связи с тем, что приготовление горячих асфальтобетонных смесей в соответствии с нормативными требованиями осуществляется при температуре от 120 до 160 °С, то важно учитывать влияние этих технологических особенностей на основные физико-химические свойства минеральных порошков из отходов строительного производства (Таблица 2).

Увеличение количества воды затворения приводит к снижению истинной плотности получаемых порошков и увеличению их пористости. Общая пористость при этом увеличивается незначительно, а объем микро- и мезопор увеличивается в 3,5 раза. Вероятно, это связано с тем, что гидросиликаты кальция, обладающие игольчатой мелкодисперсной структурой, способствуют увеличению шероховатости. Последнее подтверждается увеличением площади удельной поверхности зерен наполнителя: например, для Ц<sub>3</sub> – в 2,8 раз. Наблюдаемые изменения морфологии поверхности зерен наполнителя закономерно способствует уменьшению показателя битумоемкости.

Таблица 1  
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОЛУЧАЕМЫХ ПОРОШКОВ

| Об-<br>ра-<br>зец | Содержание, %    |                    |                  |                   |                |                     |                       |                        |                 |                   |
|-------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|-------------------|
|                   | Фазы клинкера    |                    |                  |                   | Гидратные фазы |                     | Амор-<br>фная<br>фаза | Сульфатные<br>минералы |                 | CaCO <sub>3</sub> |
|                   | C <sub>3</sub> S | β-C <sub>2</sub> S | C <sub>3</sub> A | C <sub>4</sub> AF | Этtringит      | Ca(OH) <sub>2</sub> |                       | Гипс                   | Полу-<br>гидрат |                   |
| Ц                 | 56,4             | 18,2               | 4,6              | 16,3              | ---            | 0,5                 | ---                   | 1,5                    | 2,5             | ---               |
| Ц <sub>1</sub>    | 41,9             | 17,9               | 2,6              | 15,3              | 3              | 4,3                 | 15                    | ---                    | ---             | ---               |
| Ц <sub>2</sub>    | 27,3             | 16,5               | ---              | 15                | 2,5            | 12,2                | 25                    | ---                    | ---             | 1,5               |
| Ц <sub>3</sub>    | 13,7             | 14,7               | ---              | 12,3              | 2,9            | 22,8                | 30                    | ---                    | ---             | 3,6               |

Примечания: \* – Ц – цемент; Ц<sub>1</sub> – порошок из цементного камня (В/Ц=0,1); Ц<sub>2</sub> – порошок из цементного камня (В/Ц=0,2); Ц<sub>3</sub> – порошок из цементного камня (В/Ц=0,4).

Таблица 2  
ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ

| Наименование показателя                                                                 | Требования ГОСТ<br>для МП-2               | Фактические значения* |                     |                     |                     |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
|                                                                                         |                                           | Ц                     | Ц <sub>1</sub>      | Ц <sub>2</sub>      | Ц <sub>3</sub>      | МП-1  |
| Зерновой состав, % по<br>массе:<br>мельче 1,25 мм<br>мельче 0,315 мм<br>мельче 0,071 мм | не менее 95<br>от 80 до 95<br>не менее 60 | 100                   | 100                 | 100                 | 100                 | 100   |
|                                                                                         |                                           | 94                    | 91                  | 93                  | 92                  | 99,3  |
|                                                                                         |                                           | 80                    | 77                  | 75                  | 76                  | 75,5  |
| Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>                                                   | –                                         | <u>3,03</u><br>3,08   | <u>2,65</u><br>2,75 | <u>2,41</u><br>2,68 | <u>2,27</u><br>2,55 | 2,79  |
| Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>                                                    | –                                         | <u>1,76</u><br>1,76   | <u>1,58</u><br>1,57 | <u>1,53</u><br>1,48 | <u>1,65</u><br>1,44 | 1,91  |
| Пористость, %                                                                           | не более 40                               | <u>42</u><br>43       | <u>40</u><br>43     | <u>37</u><br>45     | <u>27</u><br>44     | 32    |
| Показатель битумоемко-<br>сти, г                                                        | не более 80                               | <u>97</u><br>98       | <u>149</u><br>151   | <u>118</u><br>122   | <u>86</u><br>102    | 90    |
| Площадь удельной по-<br>верхности (метод БЭТ),<br>м <sup>2</sup> /г                     | –                                         | 9,5                   | 14,9                | 19,8                | 27,2                | 26,2  |
| Объем микро и мезопор,<br>см <sup>3</sup> /г                                            | –                                         | 0,012                 | 0,021               | 0,025               | 0,042               | 0,035 |
| Потеря массы после про-<br>грева, %                                                     | –                                         | 2,7                   | 6,5                 | 11,2                | 15,9                | –     |

Примечание. \* – в числителе указаны значения для исходных порошков; в знаменателе – для порошков после термостатирования при температуре 160 °С до постоянной массы.

В процессе исследований установлено, что в результате температурного воздействия ( $160^{\circ}\text{C}$ ), возникающего при изготовлении асфальтобетонной смеси, свойства исследуемых минеральных порошков закономерно изменяются. При термообработке наполнителей наблюдается увеличение их истинной плотности и пористости, что естественно приводит к увеличению показателя битумоемкости. Больше изменение показателя битумоемкости (на 18,5 %) наблюдается у минерального порошка из цементного камня, приготовленного с  $B/C=0,4$ , что обуславливается процессами термодеструкции (Рисунок 1).

При температуре до  $100^{\circ}\text{C}$  наблюдается высвобождение несвязанной воды, а при температуре от  $100$  до  $200^{\circ}\text{C}$  происходит потеря кристаллизационной воды, которая характерна для соединений:  $\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (при  $110\text{--}130^{\circ}\text{C}$ ),  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$  (при  $140\text{--}170^{\circ}\text{C}$ ),  $\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$  (при  $150\text{--}500^{\circ}\text{C}$ ),  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (при  $140\text{--}170^{\circ}\text{C}$ ). Интенсивность протекающих процессов прямо пропорционально водоцементному отношению.

Для установления особенностей взаимодействия минеральных порошков из цементного камня с различной степенью гидратации с битумом проведены исследования с применением ИК-спектроскопии (Рисунок 2).

Анализ полученных спектров показывает, что взаимодействие всех рассматриваемых

минеральных порошков с битумом является физико-химическим процессом, приводящим к образованию на границе раздела фаз новых соединений. Об этом свидетельствуют смещения пиков на спектрограммах: в смеси битума с минеральным порошком наблюдается смещение пика  $1419\text{ см}^{-1}$  в область с большим волновым числом  $1430\text{ см}^{-1}$ ; для порошка  $\text{C}_3$  наблюдается смещение пика с  $809\text{ см}^{-1}$  до  $820\text{ см}^{-1}$ ; для порошков  $\text{C}_1$  и  $\text{C}_2$  характерно смещение пиков: с  $908$  до  $944\text{ см}^{-1}$  и с  $935$  до  $947\text{ см}^{-1}$ , соответственно. Это позволяет предположить, что битумно-минеральные вяжущие с применением порошков из цементного камня будут обладать высокой термо- и водостойкостью.

В работе проведено исследование также влияние состава комплексного минерального наполнителя из минерального порошка МП-1 и порошков из цементного камня на свойства асфальтового вяжущего, получаемого на его основе. Для этого были спроектированы смеси асфальтового вяжущего с различным содержанием рассматриваемых минеральных порошков и битума (БНД 60/90), необходимым для получения плотной структуры образцов; принято, что водонасыщение образцов должно быть от 4 до 5 %. Основными показателями свойств асфальтового вяжущего, к которым предъявляются требования в соответствии с ГОСТ 52129, являются набухание и водостойкость (Рисунок 3).

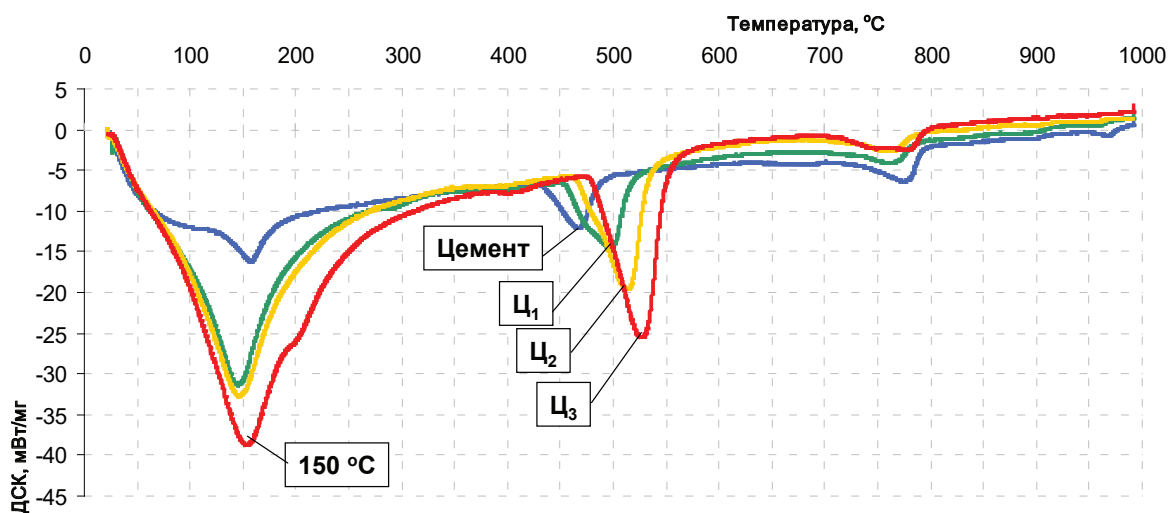


Рисунок 1 – Кривая ДСК минеральных порошков

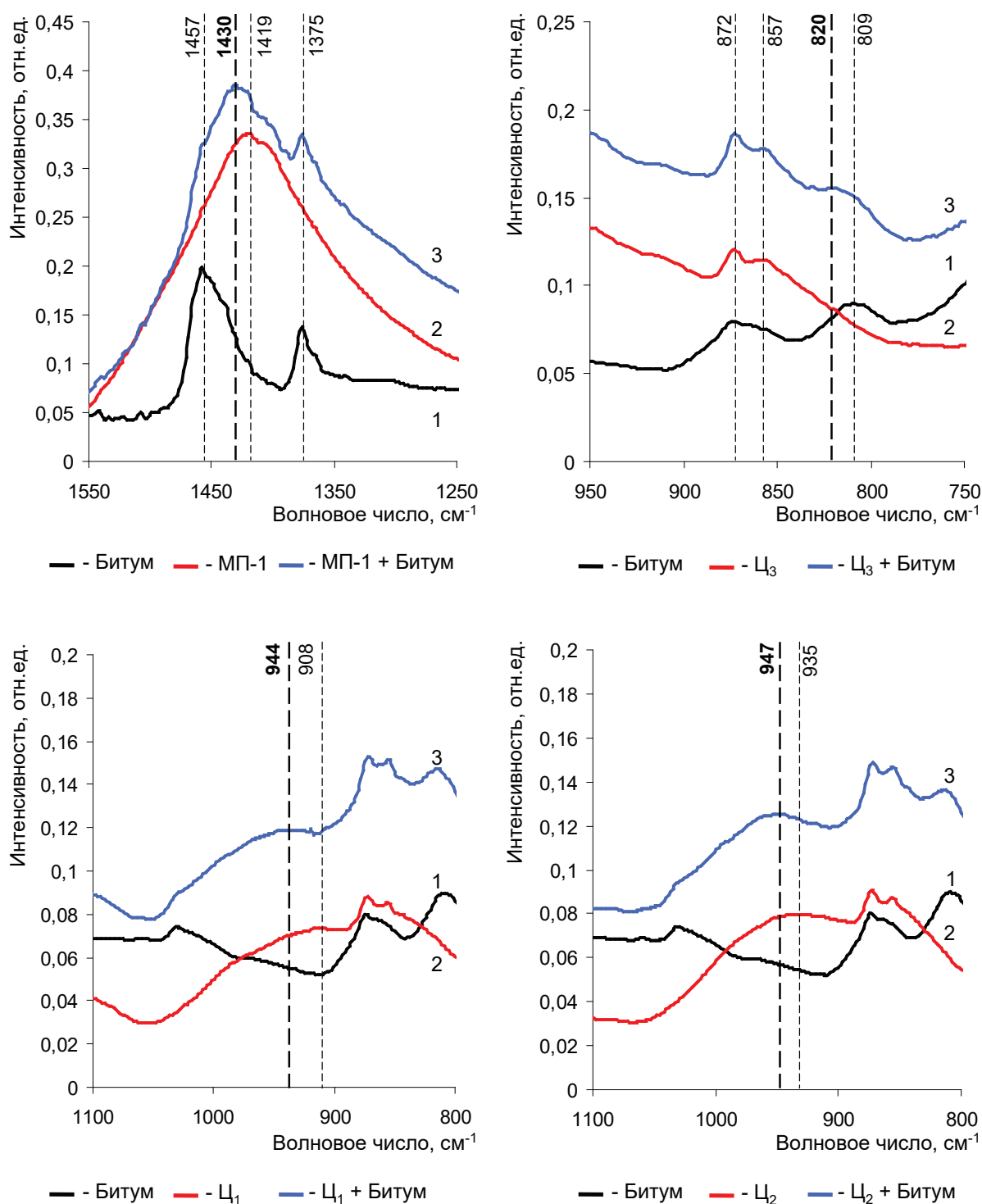


Рисунок 2 – ИК-спектры минеральных порошков, битума и смесей минеральных порошков с битумом

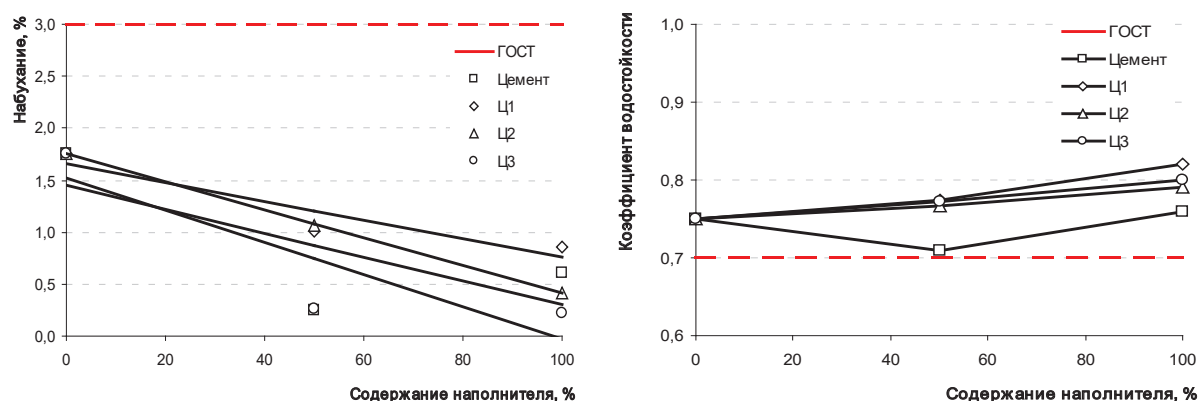


Рисунок 3 – Зависимость показателей набухания (а) и водостойкости (б) образцов из смеси порошка с битумом от содержания наполнителя из отходов строительного производства

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов показывает, что применение минеральных порошков из цементного камня улучшают исследуемые свойства асфальтового вяжущего, так как наблюдается снижение показателя набухания образцов асфальтового вяжущего и возрастание водостойкости таких образцов до 15 %. Это объясняется высокой шероховатостью поверхности и объемом внутрипортового пространства зерен порошка, которые, вероятно, вследствие физико-химических процессов способствуют образованию на поверхности зерен наполнителя прочных прослоек битума. Таким образом, использование минеральных порошков из цементного камня позволяет получать асфальтовяжущее вещество с высокой стойкостью к воздействию воды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильевская Г.В. Применение отходов промышленности в качестве минерального порошка в асфальтобетоне / Г.В. Васильевская, Д.Р. Назиров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 10 (81). – С. 153-157.
2. Подольский В.П. Армированный асфальтобетон с применением активных минеральных отходов и побочных продуктов промышленности / В.П. Подольский, Г.А. Расстегаев, Л.Н. Расстегаева // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2000. – № 9. – 10 с.
3. Королёв С.А. Исследование влияния модификаторов на физико-механические ха-

рактеристики литых асфальтобетонных смесей при использовании отходов производства поликапроамидов / С.А. Королёв, А.А. Котляревский, В.В. Вовко // Сборник трудов всероссийской научно-технической конференции Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства региона. – 2006. – С. 100-104.

4. Ядыкина В.В. Влияние активных поверхностных центров кремнеземсодержащих минеральных компонентов на взаимодействие с битумом // Известия вузов строительства. – 2003. – №9. – С. 75-79.
5. Иноземцев С.С. Выбор минерального носителя наноразмерной добавки для асфальтобетона / С.С. Иноземцев, Е.В. Королёв // Вестник МГСУ. – 2014. – № 3. – С. 158-167.
6. Иноземцев С.С. Эксплуатационные свойства наномодифицированных щебеночно-мастичных асфальтобетонов / С.С. Иноземцев, Е.В. Королёв // Вестник МГСУ. – 2015. – № 3. – с. 29-39.

7. Высоцкая М.А. Тенденции развития наномодификации композитов на органических вяжущих в дорожно-строительной отрасли / М.А. Высоцкая, Д.А. Кузнецов, С.Ю. Русина, Е.В. Чевтаева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 6. – С. 17-20.
8. Высоцкая М.А. Пористые дисперсные наполнители в бинарных композициях / М.А. Высоцкая, С.Ю. Русина, А. Резников, И. Хлевной // Сборник трудов научно-практической конференции Эффективные строительные композиты. – Белгород, 2015 – с. 95-99.
9. Государственный доклад «О состоянии



и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2016. – 639 с.

10. Cheng-Hsiao Leea, Jia-Chong Dub, Der-Hsien Shena. Evaluation of pre-coated recycled concrete aggregate for hot mix asphalt, *Construction and Building Materials*, 2012, Vol. 28, Issue 1, pp. 66-71.

11. Mohammad Saeed Pourtahmasb, and Mohamed Rehan Karim, Utilization of Recycled Concrete Aggregates in Stone Mastic Asphalt Mixtures, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014, vol. 2014, pp. 1–9

12. Sumeda Paranavithana, Abbas Mohajerani, Effects of recycled concrete aggregates on properties of asphalt concrete, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 48, Issue 1, 2006, pp. 1–12.

13. Yiik Diew Wong, Darren Delai Sun, Dickson Lai, Value-added utilisation of recycled concrete in hot-mix asphalt, *Waste Management*, Volume 27, Issue 2, 2007, pp. 294–301.

14. Mills-Beale and Z. You, The mechanical

properties of asphalt mixtures with recycled concrete aggregates, *Construction and Building Materials*, vol. 24, no. 3, pp. 230–235, 2010.

15. Bayomy, F.M., Development and Analysis of Cement-Coated Aggregates for Asphalt Mixtures, ASTM Special Technical Publication, Issue 1147, 1992, pp. 19-34.

16. Гридчин А.М. Влияние известьсодержащего минерального порошка на коррозионную устойчивость асфальтобетона / А.М. Гридчин, В.В. Ядыкина, М.А. Высоцкая, В.С. Лесовик // Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности: Материалы Международной научно-технической конференции. – Минск, 2002 – Т. 2. – с. 70-74.

17. Использование отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов в качестве минерального порошка асфальтобетонной смеси / А.В. Высоцкий // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: Материалы Международного конгресса. – БГТУ. – Белгород, 2003. – 4.1. – с. 243-245.

## **EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE DEGREE OF HYDRATION OF CEMENT ON THE PROPERTIES OF THE MINERAL FILLER FOR ASPHALT CONCRETE**

*S.S. Inozemtsev, E.V. Korolev*

### **REFERENCES**

1. Vasilovskaya G.V., Nazirov D.R. Prime-neniye otkhodov promyshlennosti v kachestve mineral'nogo poroshka v asfal'tobetone [The use of industrial waste as a mineral powder in asphalt concrete] *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, № 10 (81), pp. 153-157.

2. Podol'skiy V.P., Rasstegayev G.A., Rasstegayeva L.N. Armirovanny asfal'tobeton s primeneniyyem aktivnykh mineral'nykh otkhodov i pobochnykh produktov promyshlennosti [Reinforced asphalt concrete with the use of active mineral waste and by-products of industry] *Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka*, 2000, № 9, 10 p.

3. Korolev S.A., Kotlyarevskiy A.A., Vovko V.V. Issledovaniye vliyaniya modifikatorov na fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki litykh asfal'tobetonnykh smesey pri ispol'zovanii otkhodov proizvodstva polikaproamidov [Investigation of the influence of modifiers on the physical and mechanical characteristics of cast asphalt-concrete

mixtures using waste products of polycapraamides] *Collected Works of the All-Russian Scientific and Technical Conference Socio-economic and technological problems of development of the construction complex and housing and communal services of the region*, 2006, pp 100-104.

4. Yadykina V.V. Vliyaniye aktivnykh pov-erkhnostnykh tsentrov kremnezemsoderzhashchikh mineral'nykh komponentov na vzaimod-eystviye s bitumom [Influence of active surface centers of silica-containing mineral components on interaction with bitumen] *Izvestiya vuzov stroitel'stva*, 2003, – №9, C. 75-79.

5. Inozemtsev S.S., Korolev E.V. Vybora mineral'nogo nositelya nanorazmernoy dobavki dlya asfal'tobetona [The choice of a mineral carrier of a nanosized additive for asphalt concrete] *Vestnik MGSU*, 2014, № 3, pp. 158-167.

6. Inozemtsev S.S., Korolev Ye.V. Ekspluatatsionnyye svoystva nanomodifitsirovannykh shchebenochno-mastichnykh asfal'tobetonov [Operational properties of nanomodified crushed stone and mastic asphalt concretes] *Vestnik MGSU*, 2015, № 3, pp. 29-39.

7. Vysotskaya M.A., Kuznetsov D.A., Rusina S.YU., Chevtaeva E.V. Tendentsii razvitiya nanomodifikatsii kompozitov na organicheskikh vyazhushchikh v dorozhno-stroitel'noy otrasli [Trends in the development of nanomodification of composites on organic binders in the road construction industry] Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova, 2013, № 6, pp. 17-20.

8. Vysotskaya M.A., Rusina S.YU., Reznikov A., Khlevnoy I. Высоцкая М.А. Poristyye disper-snyye napolniteli v binarnykh kompozitsiyakh [Porous disperse fillers in binary compositions] Collection of Works of the Scientific and Practical Conference Effective Building Composites, Bel-gorod, 2015, pp. 95-99.

9. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2015 godu» [State report "On the state and on the protection of the environment of the Russian Federation in 2015"]. – M.: Minprirody Rossii; NIA-Priroda. – 2016. – 639 p.

10. Cheng-Hsiao Leea, Jia-Chong Dub, Der-Hsien Shena. Evaluation of pre-coated recycled concrete aggregate for hot mix asphalt, *Construction and Building Materials*, 2012, Vol. 28, Issue 1, pp. 66-71.

11. Mohammad Saeed Pourtahmasb, and Mohamed Rehan Karim, Utilization of Recycled Concrete Aggregates in Stone Mastic Asphalt Mixtures, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014, vol. 2014, pp. 1–9

12. Sumeda Paranavithana, Abbas Mohajerani, Effects of recycled concrete aggregates on properties of asphalt concrete, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 48, Issue 1, 2006, pp. 1–12.

13. Yiik Diew Wong, Darren Delai Sun, Dickson Lai, Value-added utilisation of recycled concrete in hot-mix asphalt, *Waste Management*, Volume 27, Issue 2, 2007, pp. 294–301.

14. Mills-Beale and Z. You, The mechanical properties of asphalt mixtures with recycled concrete aggregates, *Construction and Building Materials*, vol. 24, no. 3, pp. 230–235, 2010.

15. Bayomy, F.M., Development and Analysis of Cement-Coated Aggregates for Asphalt

Mixtures, ASTM Special Technical Publication, Issue 1147, 1992, pp. 19-34.

16. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Vysotskaya M.A., Lesovik V.S. Vliyaniye izvest'soderzhashchego mineral'nogo poroshka na korroziionnyuyu ustoychivost' asfal'tobetona [Effect of lime-containing mineral powder on the corrosion resistance of asphalt concrete], Minsk, 2002, V. 2., pp. 70-74.

17. Vysotskiy A.V. Ispol'zovaniye otkhodov mokroy magnitnoy separatsii zhelezistykh kvartsitov v kachestve mineral'nogo poroshka asfal'tobetonnoy smesi [The use of waste of wet magnetic separation of ferruginous quartzites as a mineral powder of asphalt-concrete mixture] BGTU, Belgorod, 2003. № 4.1., pp. 243-245.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Иноземцев Сергей Сергеевич (Москва, Россия) – кандидат технических наук, младший научный сотрудник научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26).*

*Inozemtsev Sergey Sergeevich (Moscow, Russia) – Ph.D. in Technical Science, researcher of science-education center «Nanomaterials and nanotechnology», National Research Moscow State University of Civil Engineering» (129337, Moscow, Yaroslavskoe hw, 26).*

Королев Евгений Валерьевич (Москва, Россия) – доктор технических наук, профессор, советник РААСН, директор научно-образовательного центра «Нanomатериалы и нанотехнологии», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26).

*Korolev Evgeniy Valerievich (Moscow, Russia) – doctor of technical sciences, professor, director of science-education center «Nanomaterials and nanotechnology», National Research Moscow State University of Civil Engineering» (129337, Moscow, Yaroslavskoe hw, 26).*

УДК 624.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

А.А. Комлев, С.А. Макеев, Ю.В. Краснощеков  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены пути совершенствования конструкций перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходов. Предложено новое конструктивное решение сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходов с нижней сводчатой поверхностью, выполненных на несъемной опалубке из арочного профилированного настила. Проведена оценка напряженно-деформированного состояния перекрытий в линейной и нелинейной постановке, выполнено сравнение. Проведено сравнение технико-экономических показателей основных типов перекрытий подземных пешеходных переходов.

**Ключевые слова:** малозаглубленные тоннели, подземные пешеходные переходы, сборно-монолитное перекрытие, распорное взаимодействие элементов.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в крупных городах особо острой стала проблема аварийности на дорогах. Данная проблема во многом определяется высокими темпами роста личного автотранспорта населения и дорожно-транспортной сетью, которая не рассчитана на такое количество автомобилей. И хотя дорожно-транспортная сеть постоянно модернизируется и расширяется, темпы модернизации слишком низки.

Ежегодно по всей территории России из-за ДТП погибает от 25000 до 30000 человек [1]. Из них примерно 25% это пешеходы, которые являются самой уязвимой группой участников дорожного движения.

Для обеспечения безопасности пешеходов транспортные и пешеходные потоки следует расположить в разных уровнях. И в этом помогают подземные и надземные переходы. О достоинствах и недостатках, которых говорит большое количество работ [2, 3]. Главным недостатком надземных переходов является их высота, что делает их малоприемлемыми для маломобильных групп населения. А подземных переходов их высокая стоимость. Но в итоге все сходится во мнении, что для городов использование подземных переходов предпочтительнее. Правда есть мнения, что от переходов стоит вообще отказаться вовсе [4], но статистика ДТП убедительно доказывает их неправоту.

Подземные пешеходные переходы по сво-

ей сути являются тоннелями мелкого заложения, так как их глубина не превышает 10 м от поверхности земли [5]. По очертанию, в основном, они имеют прямоугольную форму, хотя встречаются круглой и овальной. Возводят их открытым способом из сборных железобетонных элементов, а так же монолитного литья, хотя возможна замена железобетонных и иных конструкций на металлические гофрированные конструкции [6, 7].

У сборных железобетонных элементов в конструкциях подземных переходов есть ряд недостатков:

- большое количество стыковочных швов, из-за наличия которых страдает герметичность перехода;
- сложность доставки некоторых элементов сборных конструкций;
- ограниченный типоразмер;
- слабая архитектурная выразительность.

Также к недостаткам следует отнести то, что при проектировании переходов не учитывается совместная работа конструкций. А так же совместная работа перекрытий с дорожной одеждой. Что ведет к завышенным запасам жесткости и прочности, и как следствие стоимости.

В настоящее время существует несколько путей совершенствования перекрытий подземных переходов для снижения их стоимости.

Первый путь, учет совместной работы перекрытия с конструкцией дорожной одежды.

Исследования в этом направлении велись в Московском автомобильно-дорожном институте [8, 9]. Было установлено, что прогибы конструкций перекрытия при учете совместной работы составили лишь 30% от расчетных. Для улучшения совместной работы требуется обеспечить сцепление между перекрытием и дорожными одеждами путем нанесения насечек на поверхность перекрытия. Что для сборных конструкций не желательно, так как может привести к повреждению самой конструкции перекрытия, а так же приведет увеличению трудозатрат.

Второй путь, учет совместной работы перекрытий с конструкциями стен, колонн и т.д. Было выполнено огромное количество исследований по изучению совместной работы конструкций [10, 11]. Во всех работах получался один и тот же вывод - выявление и учет совместной работы элементов дают экономический эффект и указания для более правильного конструирования.

Третий путь, применение новых конструктивных решений перекрытий [12, 13].

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕКРЫТИЙ В МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ**

С целью снижения расхода материалов, сокращения трудовых затрат, снижения количества стыков, а так же максимальным сцеплением с дорожными одеждами была разработана новая конструкция сборно-моноконструктивного перекрытия малоуглубленных подземных пешеходных переходов с применением несъемной опалубки из предварительно гнутого профилированного настила.

Оно представляет собой монолитную плиту с плоской верхней гранью и переменной высотой сечения, увеличивающейся к опорам (Рис. 1). Нижняя сводчатая поверхность описана параболой, которая образуется путем укладки на ригели, сборные или монолитные, несъемной опалубки из листов профилированного настила в виде пологих арок. Профнастил крепят к ригелям, которые располагаются поперек гофр профилированных листов в их торцевых стыках. Пологая арка имеет вылет

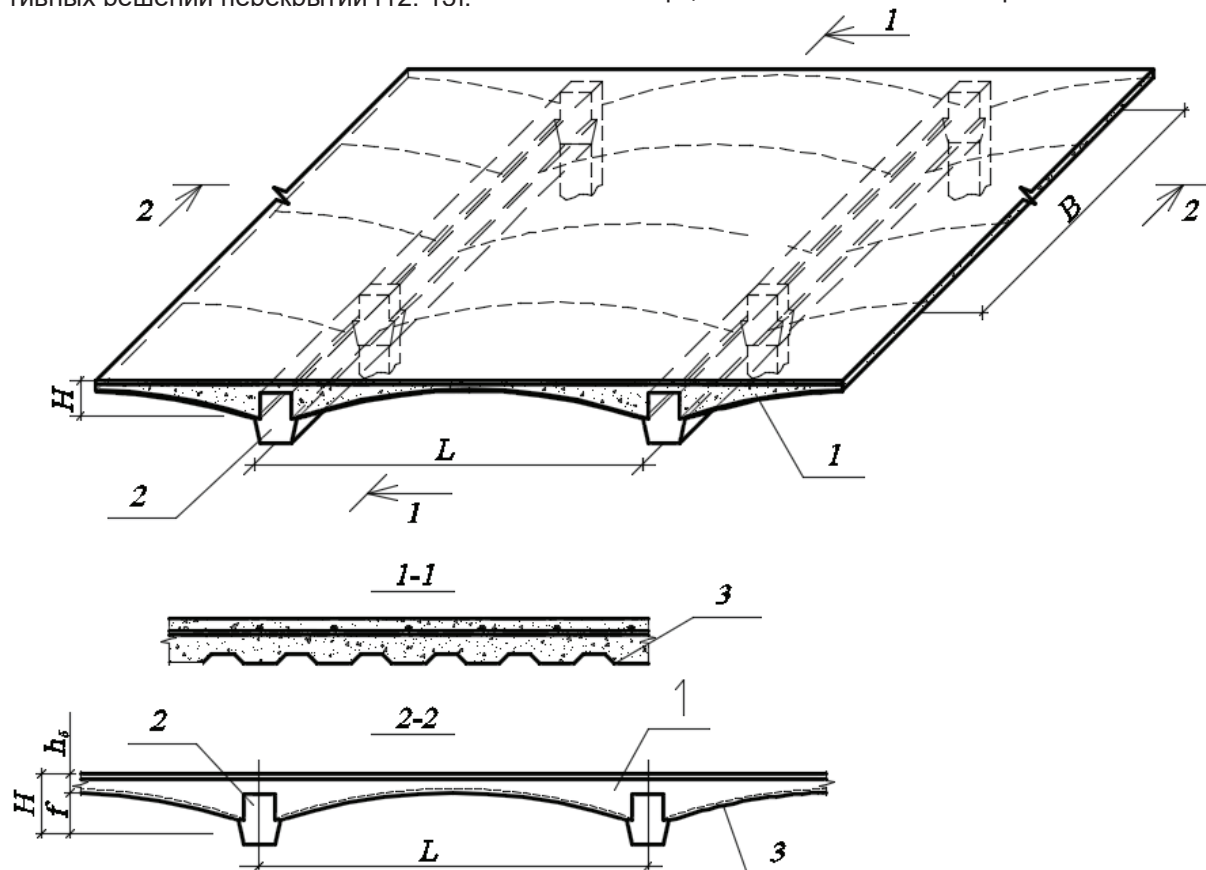


Рисунок 1 – Фрагмент монолитного перекрытия подземного перехода с нижней сводчатой поверхностью:

1 – монолитное перекрытие, 2 – сборные железобетонные балки, 3 – несъемная опалубка из профнастила



стрелы  $f=1/20-1/30$  длины пролета. Толщина бетона в середине пролета не менее 70 мм.

Для обеспечения неразрезности конструкции предусматривается надопорное армирование. Также возможно использование противоусадочной арматуры. Для распорных связей применяются железобетонные балки или арматура из высокопрочной стали с предварительным напряжением.

В описанной конструкции в наибольшей степени реализовано влияние распорного взаимодействия перекрытия, которое требует детального исследования.

Данный тип перекрытий может применяться в одно, двух и трехпролетных конструкциях перекрытий подземных переходов при различных пролетах до 9 м (Рис. 2).

С целью оценки прочности сборно-монолитных перекрытий подземных переходов с нижней сводчатой поверхностью проведены исследования напряженно-деформированного состояния арочных фрагментов перекрытий. Было выполнено моделирование арочных фрагментов шириной 245 мм из объемных конечных элементов размерами 35х35х35мм.

Расчет проводился с учетом нелинейных характеристик материала. При задании его жесткости использован трехлинейный закон деформирования с характеристиками тяжелого бетона класса В15.

Расчет в нелинейной постановке позволяет оценить нагрузку, при которой происходит образование трещин в материале, а также деформации с учетом перераспределения усилий.

Разрушение бетона сжатой зоны происходит, когда выполняется условие  $\sigma_b \geq R_b$ , а появление трещин в растянутой зоне  $\sigma_{bt} \geq R_{bt}$ .

Расчет проводился на действие распределенных нагрузок. Распределенная нагрузка  $q$  изменялась от 1 кН/м<sup>2</sup> до 12 кН/м<sup>2</sup>. Влияние армирования в расчете не учитывалось. Расчетная схема приведена на рис. 3.

По результатам расчетов были получены прогибы, сжимающие и растягивающие напряжения, сведения о состоянии материала в конструкциях перекрытий, наличии трещин и разрушенных участков.

При загрузении распределенной нагрузкой перекрытия пролетом 6 м трещины появляются при нагрузке 7,5 - 8 кН/м<sup>2</sup> в приопорной

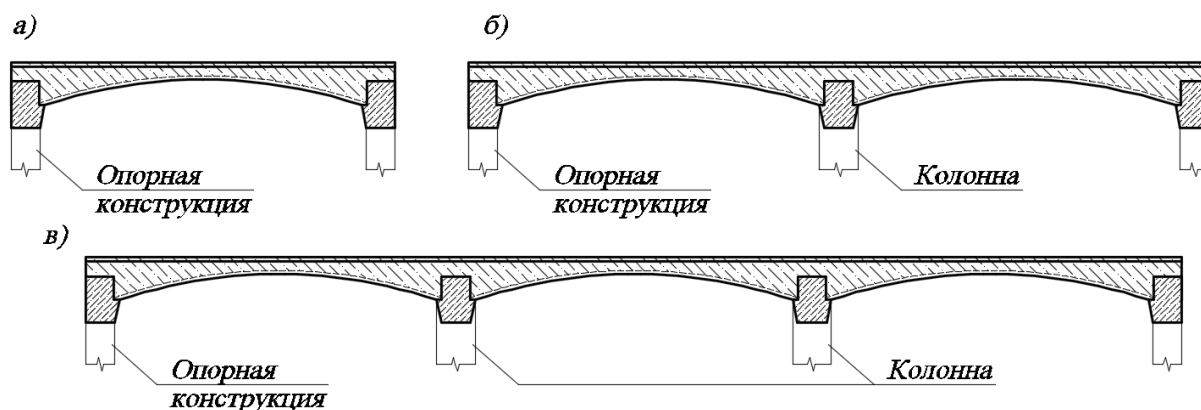


Рисунок 2 – Варианты сборно-монолитного перекрытия подземного перехода с нижней сводчатой поверхностью:

а) однопролетные, б) двухпролетные, в) трехпролетные

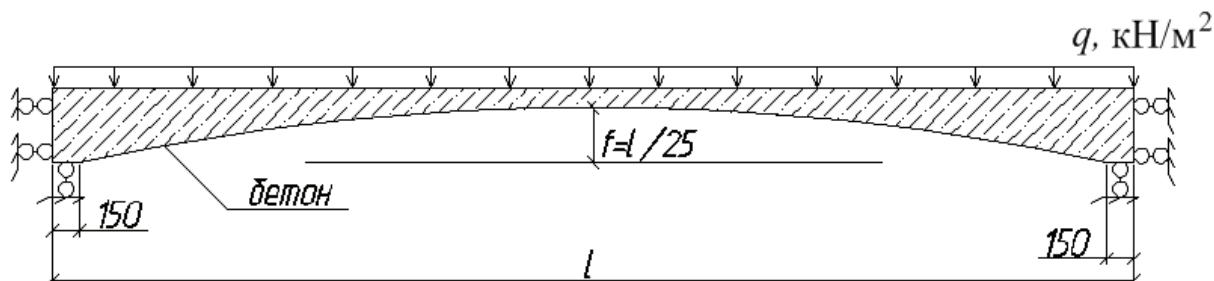


Рисунок 3 – Расчетная схема арочных фрагментов



### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

верхней части плиты. При загрузении перекрытия пролетом 9 м отмечено появление трещин при нагрузке 3,5 - 4 кН/м<sup>2</sup>.

На рис. 4 изображены изополя напряжений в перекрытии пролетом 6 м от распределенной нагрузки  $q = 12$  кН/м<sup>2</sup>, обозначены зоны с

максимальными сжимающими и растягивающими напряжениями.

В таблице 1 приведены значения прогибов, напряжений и состояния бетона на различных этапах загрузений в нелинейной /линейной постановке.

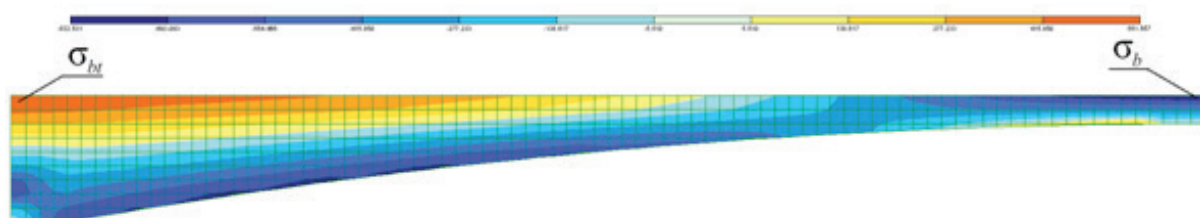


Рисунок 4 – Изополя напряжений в перекрытии пролетом 6 м при распределенной нагрузке

Таблица 1  
ПОКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛИТ  
ПЕРЕКРЫТИЙ ПРОЛОТОМ 6 И 9 М ОТ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ

| $q$ ,<br>кН/<br>м <sup>2</sup> | Прогиб $y$ ,<br>мм. |              | $\sigma_{bt}$ ,<br>кН/м <sup>2</sup> |              | $\sigma_{bt}$ ,<br>кН/м <sup>2</sup> |             | Объем материала с<br>трещинами,<br>% |          |
|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|----------|
|                                | $l=6000$            | $l=9000$     | $l=6000$                             | $l=9000$     | $l=6000$                             | $l=9000$    | $l=6000$                             | $l=9000$ |
| 1                              | 0,91<br>0,86        | 2,49<br>2,56 | 900<br>849                           | 1500<br>1480 | 558<br>562                           | 751<br>872  | 0                                    | 2,9      |
| 2                              | 1,18<br>1,12        | 3,27<br>3,30 | 1160<br>1116                         | 2000<br>1920 | 691<br>697                           | 751<br>1046 | 0                                    | 7,7      |
| 3                              | 1,46<br>1,34        | 4,08<br>4,05 | 1420<br>1383                         | 2530<br>2370 | 750<br>831                           | 751<br>1223 | 1,5                                  | 12,9     |
| 4                              | 1,76<br>1,65        | 4,90<br>4,79 | 1720<br>1650                         | 3080<br>2810 | 751<br>965                           | 751<br>141  | 7,6                                  | 15,6     |
| 5                              | 2,06<br>1,91        | 5,73<br>5,54 | 2030<br>1917                         | 3640<br>3260 | 751<br>1100                          | 751<br>1578 | 11,7                                 | 18,5     |
| 6                              | 2,37<br>2,18        | 6,57<br>6,25 | 2350<br>2185                         | 4220<br>3680 | 751<br>1234                          | 751<br>1746 | 12,8                                 | 21,5     |
| 7                              | 2,69<br>2,44        | 7,42<br>7,04 | 2690<br>2452                         | 4810<br>4150 | 751<br>1368                          | 751<br>1933 | 14,9                                 | 22,7     |
| 8                              | 3,00<br>2,70        | 8,27<br>7,79 | 3030<br>2719                         | 5400<br>4600 | 751<br>1503                          | 751<br>2110 | 17,7                                 | 24,0     |
| 9                              | 3,32<br>2,97        | 9,12<br>8,54 | 3370<br>2986                         | 6000<br>5040 | 751<br>1637                          | 751<br>2280 | 18,5                                 | 24,7     |
| 10                             | 3,65<br>3,23        | 9,97<br>9,29 | 3720<br>3254                         | 6600<br>5490 | 751<br>1771                          | 751<br>2465 | 20,7                                 | 25,4     |
| 11                             | 3,97<br>3,49        | 10,8<br>10,0 | 4080<br>3521                         | 7210<br>5870 | 751<br>1900                          | 751<br>2642 | 21,1                                 | 25,9     |
| 12                             | 4,30<br>3,76        | 11,7<br>10,8 | 430<br>3788                          | 7810<br>6380 | 751<br>2040                          | 751<br>2820 | 21,9                                 | 26,4     |

Таблица 2  
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАНТОВ ПЕРЕКРЫТИЙ

| Варианты перекрытий                                               | $L$ , м. | $f$ , м. | $h_6$ , мм. | Марка профлиста | Расход материалов |                                |
|-------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
|                                                                   |          |          |             |                 | кг/м <sup>2</sup> | м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> |
| Сборно-монолитное перекрытие по арочному профилированному настилу | 6        | 0,2      | 100         | H57-750         | 43                | 0,25                           |
|                                                                   | 6        | 0,3      | 100         | H60-845         | 37                | 0,25                           |
| Монолитное перекрытие                                             | 6        |          |             |                 | 65                | 0,25                           |
| Сборное по серии 3.507-1                                          | 6        |          |             |                 | 45                | 0,25                           |

По результатам расчетов определен расход материалов для различных вариантов перекрытий с нижней сводчатой поверхностью.

Для сравнения приведены затраты стали для монолитного безбалочного перекрытия, сборного перекрытия по серии 3.507-1 и перекрытия с нижней сводчатой поверхностью. Для наглядности варианты подобраны таким образом, чтобы расход бетона был одинаковым. Показатели расхода стали и бетона приведены в табл. 2.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанное конструктивное решение сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных переходов с нижней сводчатой поверхностью позволяет соединить в себе достоинства монолитных и сборно-монолитных конструкций. Они сопоставимы по расходу материалов с перекрытиями из сборного железобетона, имеют меньший расход материалов и требуют меньших трудозатрат по сравнению с перекрытиями из монолитного железобетона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимова В.С. К вопросу о выборе типа пешеходного перехода / В. С. Акимова, К. Ю. Козина, К. А. Кадейкина. Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VII Всерос-

сийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (с международным участием) / РААСН, СибАДИ. - Омск: СибАДИ, 2012 Кн.1. - 586 с. – с.3-8.

2. Гуревич Л.В. Справочник проектировщика городских дорог: справочное издание / Л. В. Гуревич, Ю. С. Ланцберг, К. И. Страхов. - М.: Стройиздат, 1968. - 366 с.

3. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов: учеб. пособие : допущено МВ и ССО СССР для авто.-дор. спец. вузов / М. С. Фишельсон. - М.: Высшая школа, 1985. - 240 с.

4. Почему надо закопать подземные переходы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://varlamov.ru/1055487.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 30.07.2017)

5. Каменев С.Н. Транспортные сооружения: учебное пособие / С. Н. Каменев. - Волгоград: Ин-Фолио, 2010. - 368 с.

6. Моисеева О.В., Клевеко В.И. Учет безопасности движения пешеходов и стоимости строительства при выборе рационального типа пешеходного перехода // Мир науки и инноваций. – 2015. – Т. 8, № 2 (2). – с. 90–93.

7. Moiseeva O.V., Kleveko V.I. Choice of rational type of crosswalk with regard to the safety for pedestrians and the cost of construction // SWorldJournal. – 2015. – Vol. J21504. – No. 2 (9). – с. 3–5.

8. Клейн В.Г. Исследование работы конструкций перекрытий подземных пешеходных переходов / В. Г. Клейн, В. М. Стаин. Мо-

сковский автомобильно-дорожный институт. Прочность дорожных одежд и сооружений на автомобильных дорогах / МАДИ. - М.: МАДИ, 1985. - 126 с. - с. 73-78.

9. Клейн В.Г. Лабораторные исследования моделей перекрытий подземных пешеходных переходов / В. Г. Клейн, В. М. Стаин.. Строительная механика машин и конструкций на автомобильных дорогах: сборник научных трудов / МАДИ. - М.: МАДИ, 1987. - 129 с. - с. 91-99.

10. Краснощеков Ю.В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций: Дис.,... д-ра техн. наук. - Омск; СибАДИ, 2001. - 345с.

11. Березов В.Н. Исследование совместной работы железобетонных плит и балок

сборных покрытий на вертикальные нагрузки: Автореф. дис.,... канд. техн. наук. - Владивосток: ДПИ, 1975. -30с.

12. Назаретова, И. А. Исследование вопроса применения замкнутых секций из предварительно напряженного железобетона в конструкциях подземных пешеходных переходов: автореферат дис. ... канд. техн. наук - Академия коммунального хозяйства. - М., 1965. - 22 с.: ил. - Библиогр.: с. 21.

13. Кожушко В.П. Исследование работы подземных пешеходных переходов прямоугольного очертания: автореферат дис. ... канд. техн. наук - ХИСИ. - Харьков, 1972. - 20 с.

14. Серия 3.507-1 «Сборные железобетонные конструкции для подземных пешеходных переходов» выпуск 1.

## THE USE OF PRECAST-MONOLITHIC SLABS WITH THE LOWER VAULTED SURFACE IS SLIGHTLY DEEPEINED IN UNDERGROUND PEDESTRIAN CROSSINGS

A.A. Komlev, S.A. Makeev, Y.V Krasnoshchekov

**Abstract.** The article considers the ways of improvement of designs of overlappings slightly deepened underpasses. The proposed new design solution for precast-monolithic slabs slightly deepened underground pedestrian crossings with the lower vaulted surface is made on a permanent form of arched profiled flooring. The evaluation of the stress-strain state of beams in linear and nonlinear formulation, are compared. A comparison of technical and economic parameters of basic types of overlaps underpasses.

**Key words:** weakly deepened tunnels, underground pedestrian crossings, precast-monolithic overlap, the spacer element interaction.

### REFERENCES

1. Akimova V.S. K voprosu o vybere tipa peshehodnogo perehoda [The question of the choice of the type of pedestrian crossing]. Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodoopol'zovaniya: materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii FGBOU VPO "SibADI", Omsk, SibADI, 2012, pp. 3-8.

2. Gurevich L.V. Spravochnik proektirovshhika gorodskih dorog [Directory of designer urban roads]. Moscow, Strojizdat, 1968. 366 p.

3. Fishel'son M.S. Transportnaja planirovka gorodov [Transport planning of cities]. Moscow, Vysshaja shkola, 1985, 240 p.

4. Pochemu nado zakopat' podzemnye perehody [Why is it necessary to dig underground passages]. - Rezhim dostupa: <http://varlamov.ru/1055487.html>, svobodnyj. - Zagl. s jekrana (data obrashhenija k resursu: 30.07.2017)

5. Kamenev S.N. Transportnye sooruzhenija: uchebnoe posobie [Transport facilities]. Volgograd, 2010, 368 p.

6. Moiseeva O.V., Kleveko V.I. Uchet bezopasnosti dvizhenija peshehodov i stoimosti stroitel'stva pri vybere racional'nogo tipa peshehodnogo perehoda [Safety of pedestrians and construction cost in the choice of rational type of pedestrian crossing]. Mir nauki i innovacij, 2015, № 2 (2), pp. 90-93.

7. Moiseeva O.V., Kleveko V.I. Choice of rational type of crosswalk with regard to the safety for pedestrians and the cost of construction [Choice of rational type of crosswalk with regard to the safety for pedestrians and the cost of construction] SWorldJournal, 2015, Vol.J21504, No.2 (9), pp. 3-5.

14. Seriya 3.507-1 «Sbornye zhelezobetonnye konstrukcii dlia podzemnyh peshehodnyh

*Krasnoshchekov Y.V (Omsk, Russia) – doctor of technical Sciences, associate Professor, Siberian state automobile-highway University (SibADI). Department – building Construction. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).*

УДК 624.1

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА АРОЧНОЙ ФОРМЫ ПОД МОНТАЖНЫМИ НАГРУЗКАМИ В ПЕРЕКРЫТИЯХ НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ

А.А. Комлев, С.А. Макеев  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования работы несъемной опалубки из профилированного настила арочной формы на действие монтажной нагрузки в конструкциях сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходах. Рассмотрены испытательные схемы, соответствующие действительной работе профилированного настила арочной формы. Получены зависимости прогибов от действия монтажной нагрузки. Проверена общая устойчивость арок из профилированного настила. Получены рекомендации по использованию профилированного настила арочной формы в качестве несъемной опалубки.

**Ключевые слова:** подземные пешеходные переходы, сборно-монолитное перекрытие, профилированный настил арочной формы.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент времени идет активный поиск способов применения профилированного настила, поскольку он является универсальным конструктивным материалом. Традиционно он используется в конструкциях покрытий и других ограждающих конструкциях. Перспективным направлением стало использование профилированного настила в виде несъемной опалубки при изготовлении монолитных перекрытий [1, 2]. После появления технологии гибки профилированного настила в продольном направлении область его использования значительно расширилась, его стали использовать в виде самонесущих арок [3, 4]. Однако, с появлением арочных конструкций, профилированный настил стал использоваться не только как изгибаемый элемент, но и как сжато-изогнутый, что повлекло за собой появления большого количества новых вопросов и как следствие новых исследований [5].

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА АРОЧНОЙ ФОРМЫ ПОД МОНТАЖНЫМИ НАГРУЗКАМИ В ПЕРЕКРЫТИЯХ С НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ

В сборно-монолитных перекрытиях малозаглубленных подземных переходов, с нижней

сводчатой поверхностью в качестве несъемной опалубки может применяться арочный профилированный настил. Который на стадии возведения будем воспринимать нагрузку от веса свежесушеного бетона, монтажников и оборудования. В работе [6] рассматривался вопрос об эффективном использовании различных типов профлиста при различных пролетах, однако не были проведены экспериментальные работы. Целью данной работы стало экспериментальное определение возможности использования профилированного настила арочной формы в качестве несъемной опалубки.

Поскольку исследования монолитных перекрытий с нижней сводчатой поверхностью площадью 12-20 м<sup>2</sup> сопряжено со значительными трудностями. Испытание больших панелей требует сооружения громоздкой установки, большого количества приборов, материалов и занимает много времени, поскольку необходимы неоднократные повторения эксперимента. Поэтому было решено проводить исследования на арочных фрагментах. (Рис.1). Программа экспериментальных работ была разработана в соответствии с [7 - 9].

Было изготовлено 3 масштабных модели, в масштабе 1:1, из стального профилированного настила арочной формы пролетом  $l = 3500$  мм, шириной  $B = 300$  мм (Рис. 1). Для арок принято отношение  $f = l/25$ . При сохранении этого отношения высота опытной арки  $f = 3500/25 = 140$  мм. Для опытных моделей использован профнастил марки НС21-1000-1 [10].



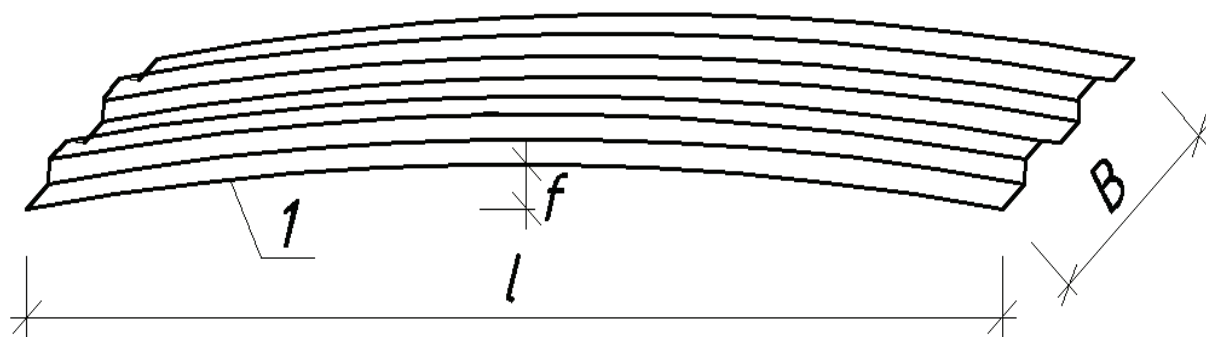


Рисунок 1 – Опытное изделие  
1 – арка из стального профилированного настила  
 $f$  – стрела подъема арки,  $l$  – пролет арки,  $B$  – ширина образца

Для проведения экспериментальных исследований были предусмотрены схемы испытаний, соответствующие действительной работе профилированного настила арочной формы под монтажными нагрузками (Рис. 2).

Испытание профилированного производилось с целью получения данных о возмож-

ности использования профилированного настила арочной формы в качестве несъемной опалубки, а именно восприятие нагрузок от веса свежесуложенного бетона, монтажников и оборудования.

Образцы загружали бетонными блоками со средним весом 180 Н. Деформации арки изме-

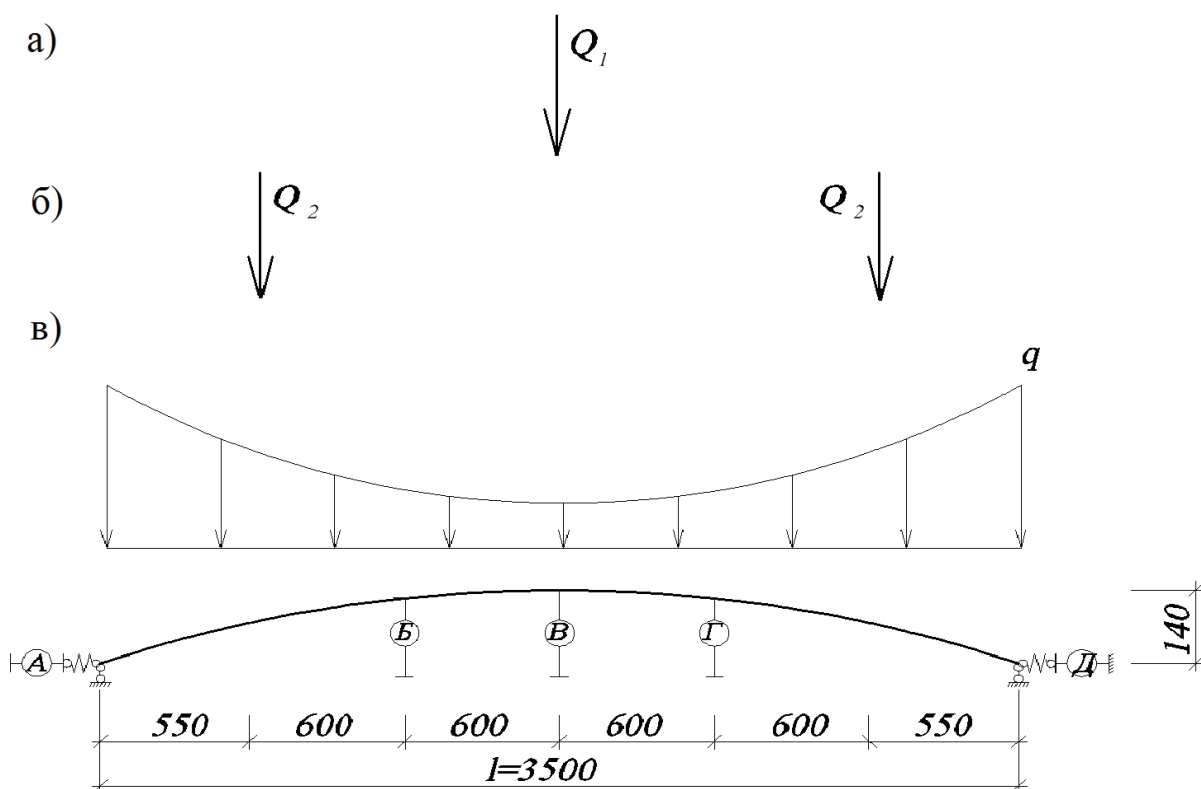


Рисунок 2 – Схема испытания профилированного настила:  
а) на монтажную нагрузку от веса монтажника в середине пролета;  
б) на монтажную нагрузку от веса свежесуложенного бетона в приопорных зонах;  
в) на монтажную нагрузку от веса свежесуложенного бетона распределенного по всей поверхности.

### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ряли прогибомерами Максимова в середине и в третях пролета Б, В, Г. Опоры арки выполнены из уголков, закрепленных на металлических траверсах. (Рис.3.) Индикаторами часового типа А и Д, с ценой деления 0.01 мм, измеряли податливость пор.

Схема 1 - сосредоточенная нагрузка в середине пролета от условного веса монтажника  $P=700$  Н (Рис. 1.а).

При испытании по 1 схеме приложено 4 ступени нагрузки. В таблице 1 приведены значения нагрузки по ступеням загрузений, показания индикаторов, значения прогибов и перемещений.



Рисунок 3 – Крепление профнастила к опорным элементам



Рисунок 4 – Испытание профилированного настила на нагрузку от веса монтажника и оборудования в середине пролета

Таблица 1  
ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО СТУПЕНЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ, ПОКАЗАНИЯ ИНДИКАТОРОВ

| № п/п | P, Н  | Перемещения в точке А, мм | Прогиб в точке Б, мм | Прогиб в точке В, мм | Прогиб в точке Г, мм | Перемещения в точке Д, мм |
|-------|-------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 0     | 0     | 0                         | 0                    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 1     | 185   | 0.18                      | 3.5                  | 5.8                  | 2.7                  | 0.32                      |
| 2     | 367.5 | 0.39                      | 6.8                  | 8.9                  | 5.3                  | 0.62                      |
| 3     | 552.5 | 0.6                       | 10.4                 | 13.6                 | 7.8                  | 0.98                      |
| 4     | 732.5 | 0.77                      | 13.6                 | 17.8                 | 9.9                  | 1.36                      |

Схема 2 - загрузка свежесушенным бетоном в приопорных зонах, при бетонировании от опор к середине (Рис.1.б). При испытании по 2 схеме также было приложено 4 ступени

нагрузки. В таблице 2 приведены значения нагрузки по ступеням загрузений, показания индикаторов, значения прогибов и перемещений.



*Рисунок 5 – Испытание профилированного настила на нагрузку от веса свежесушеного бетона в опорных зонах*

Таблица 2  
ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО СТУПЕНЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ, ПОКАЗАНИЯ ИНДИКАТОРОВ

| № п/п | $P, Н$  | Перемещения в точке А, мм | Прогиб в точке Б, мм | Прогиб в точке В, мм | Прогиб в точке Г, мм | Перемещения в точке Д, мм |
|-------|---------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 0     | 0       | 0                         | 0                    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 1     | 185 x 2 | 0.08                      | 1.7                  | 2.4                  | 1.5                  | 0.17                      |
| 2     | 365 x 2 | 0.23                      | 5                    | 4.9                  | 4.4                  | 0.48                      |
| 3     | 550 x 2 | 0.37                      | 6.8                  | 5.3                  | 6.1                  | 0.65                      |
| 4     | 735 x 2 | 0.48                      | 8.3                  | 6                    | 6.7                  | 0.8                       |

Схема 3 – загрузка свежесушенным бетоном по всей поверхности арки (Рис.1.в) При испытании по 3 схеме арка нагружалась от центра к опорам, за 7 ступеней нагрузки. В та-

блице 3 приведены значения общей нагрузки по ступеням загрузений, показания индикаторов, значение прогибов и перемещений.



*Рисунок 6 – Испытание профилированного настила на нагрузку от веса свежесушеного бетона распределенного по всей поверхности*

Таблица 3

ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО СТУПЕНЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ, ПОКАЗАНИЯ ИНДИКАТОРОВ

| № п/п | $P, \text{H}$ | Перемещения в точке А, мм | Прогиб в точке Б, мм | Прогиб в точке В, мм | Прогиб в точке Г, мм | Перемещения в точке Д, мм |
|-------|---------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 0     | 0             | 0                         | 0                    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 1     | 18.5          | 0.18                      | 4                    | 5.4                  | 3.3                  | 0.36                      |
| 2     | 552.5         | 0.61                      | 9.9                  | 12.4                 | 8.1                  | 0.47                      |
| 3     | 912.5         | 0.85                      | 15.2                 | 17.3                 | 11.8                 | 1.48                      |
| 4     | 1282.5        | 1.12                      | 20                   | 21.1                 | 15.4                 | 1.96                      |
| 5     | 1652.5        | 1.28                      | 22.5                 | 23.2                 | 17.4                 | 2.25                      |
| 6     | 2022.5        | 1.32                      | 23.5                 | 24.2                 | 19.1                 | 2.32                      |
| 7     | 2372.5        | 1.48                      | 26.5                 | 26.1                 | 19.4                 | 2.5                       |

Сравнение численных ( $f_m$ ), полученных в результате компьютерного моделирования, и экспериментальных ( $f_{on}$ ) значений деформаций в полой арке приведено в табличной форме (табл. 4 – 6) и графически (Рис. 7 - 9).

Таблица 4

СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОГИБОВ  
В ПОЛОЙ АРКЕ ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛОЙ  
ОТ ВЕСА МОНТАЖНИКА В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА

| №п/п | $Q_1, \text{H}$ | $f_{on}, \text{мм}$ | $f_m, \text{мм}$ | $\gamma_{cp} = f_{on}/f_m$ | $\gamma_{cp} * f_m, \text{мм}$<br>( $\gamma_{cp} = 1.25$ ) |
|------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|
| 0    | 0               | 0                   | 0                | 0                          | 0                                                          |
| 1    | 185             | 5.8                 | 3.22             | 1.80                       | 4.0                                                        |
| 2    | 367.5           | 8.9                 | 6.56             | 1.36                       | 8.2                                                        |
| 3    | 552.5           | 13.6                | 10.3             | 1.32                       | 12.9                                                       |
| 4    | 732.5           | 17.8                | 13.3             | 1.34                       | 16.6                                                       |

Таблица 5

СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ  
В ПОЛОЙ АРКЕ ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ НАГРУЗКОЙ ОТ ВЕСА СВЕЖЕУЛОЖЕННОГО  
БЕТОНА В ПРИОПОРНЫХ ЗОНАХ,  
ПРИ БЕТОНИРОВАНИИ ОТ ОПОР К СЕРЕДИНЕ

| №п/п | $Q_2 * 2, \text{H}$ | $Q_{умог}, \text{H}$ | $f_{on}, \text{мм}$ | $f_m, \text{мм}$ | $\gamma_{cp} = f_{on}/f_m$ | $\gamma_{cp} * f_{пр}, \text{мм}$<br>( $\gamma_{cp} = 1.25$ ) |
|------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 0    | 0                   | 0                    | 0                   | 0                | 0                          | 0                                                             |
| 1    | 185 x 2             | 370                  | 2.4                 | 0.92             | 2.61                       | 1.2                                                           |
| 2    | 365 x 2             | 730                  | 4.9                 | 2.66             | 1.84                       | 3.3                                                           |
| 3    | 550 x 2             | 1100                 | 5.3                 | 3.63             | 1.46                       | 4.5                                                           |
| 4    | 735 x 2             | 1470                 | 6                   | 4.65             | 1.29                       | 5.8                                                           |
|      |                     |                      |                     |                  |                            |                                                               |

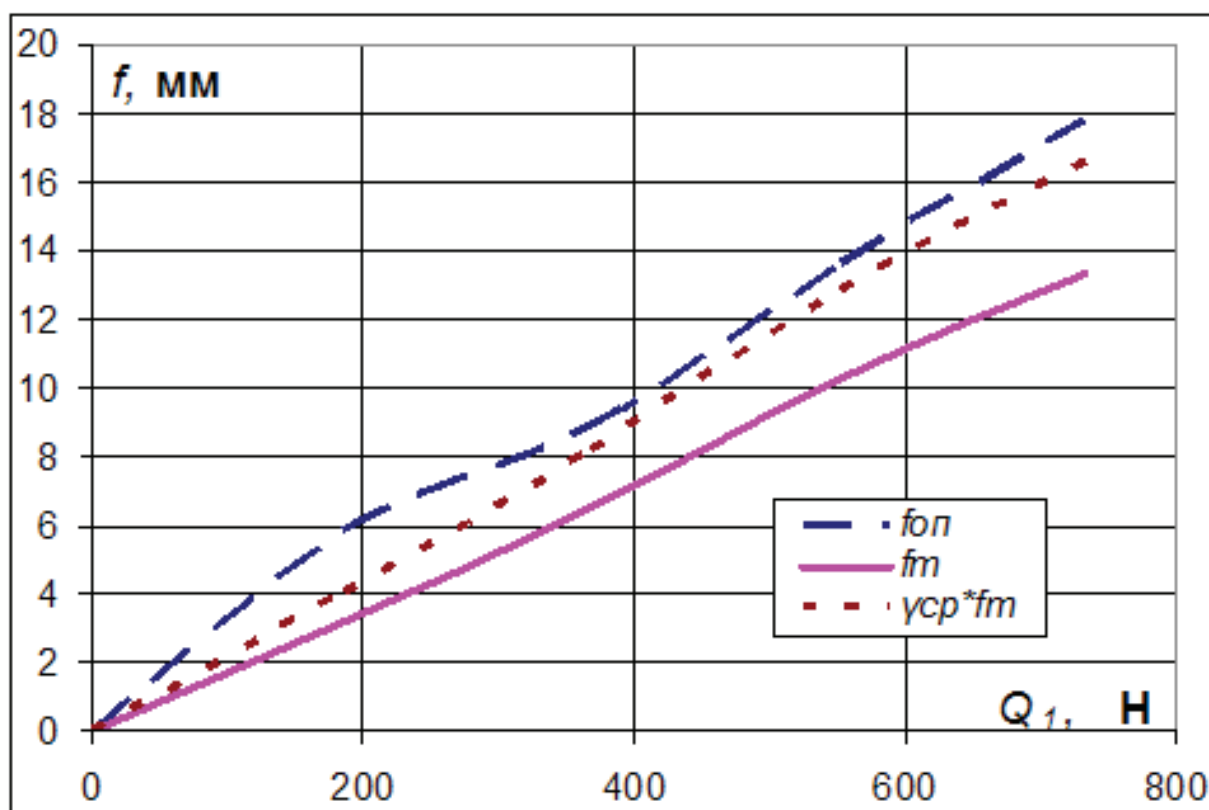


Рисунок 7 – Зависимость значений прогибов от сосредоточенной нагрузки в пологой арке

Таблица 6  
СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ  
В ПОЛОГОЙ АРКЕ ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ НАГРУЗКОЙ ОТ ВЕСА СВЕЖЕУЛОЖЕННОГО  
БЕТОНА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПО ВСЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

| №п/п | $\Sigma q_{b''}$<br>Н | $f_{оп''}$<br>ММ | $f_m$<br>ММ | $\gamma_{ср} = f_{оп}/f_m$ | $\gamma_{ср} * f_m$<br>ММ<br>( $\gamma_{ср} = 1.25$ ) |
|------|-----------------------|------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0    | 0                     | 0                | 0           | 0                          | 0                                                     |
| 1    | 185                   | 5.4              | 3.54        | 1.53                       | 4.4                                                   |
| 2    | 552.5                 | 12.4             | 7.5         | 1.65                       | 9.4                                                   |
| 3    | 912.5                 | 17.3             | 13.78       | 1.26                       | 17.2                                                  |
| 4    | 1282.5                | 21.1             | 17.45       | 1.21                       | 21.8                                                  |
| 5    | 1652.5                | 23.2             | 18.9        | 1.23                       | 23.6                                                  |
| 6    | 2022.5                | 24.2             | 19.02       | 1.27                       | 23.8                                                  |
| 7    | 2372.5                | 26.1             | 20.55       | 1.27                       | 25.7                                                  |



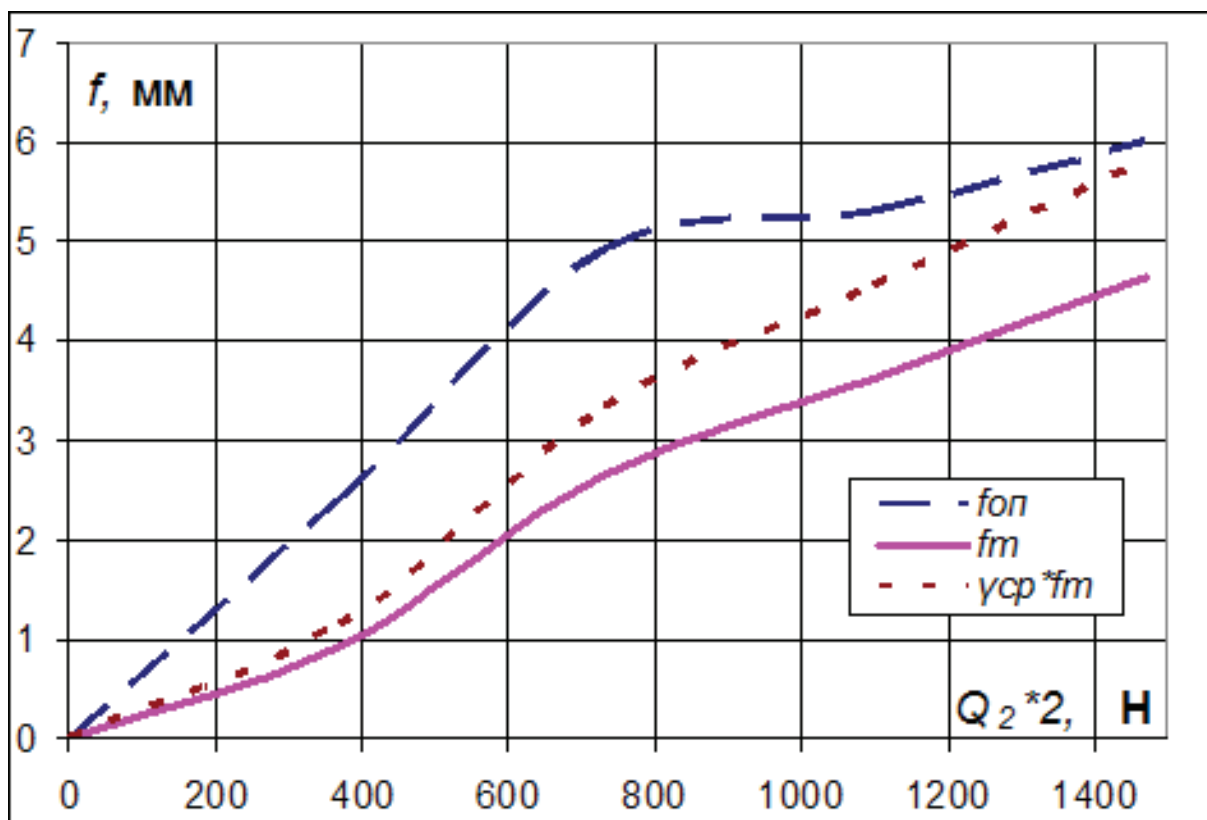


Рисунок 8 – Зависимость значений прогибов от нагрузки в пологой арке в приопорных участках

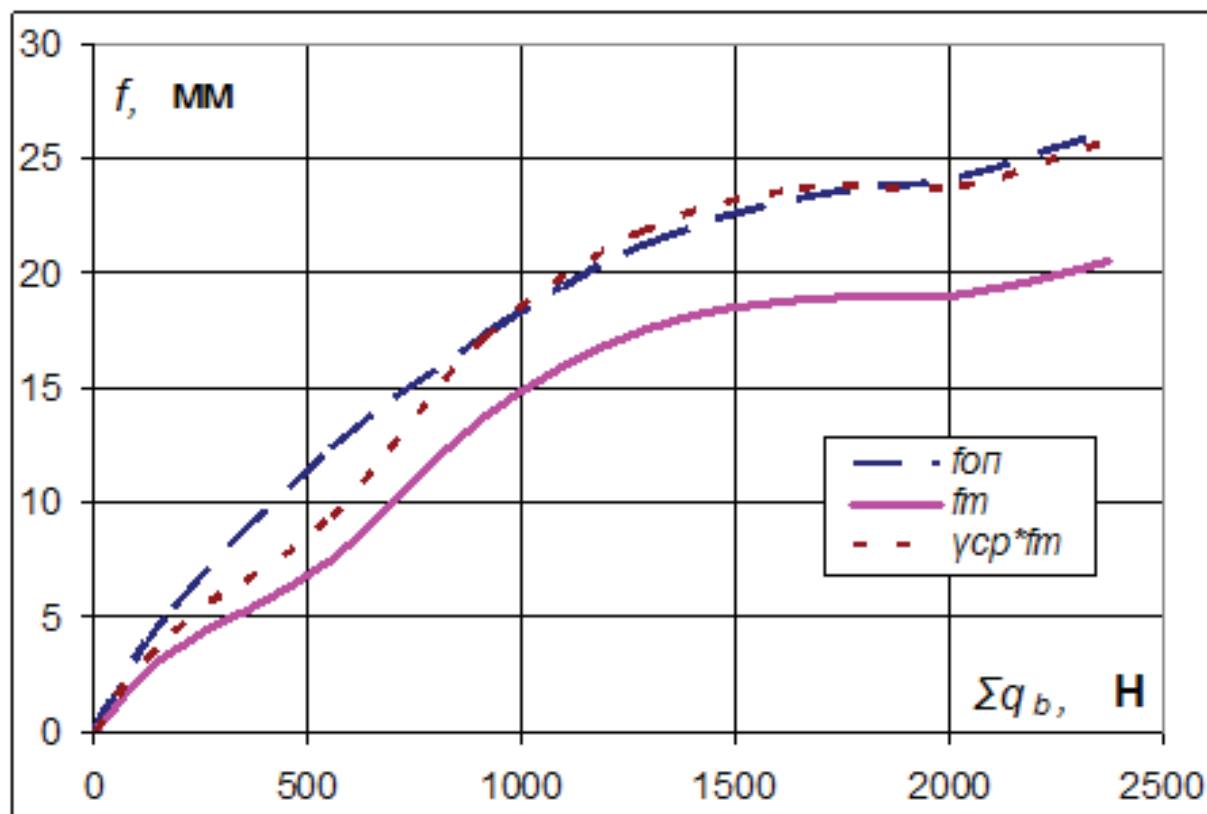


Рисунок 9 – Зависимость значений прогибов от нагрузки, распределенной по всей поверхности

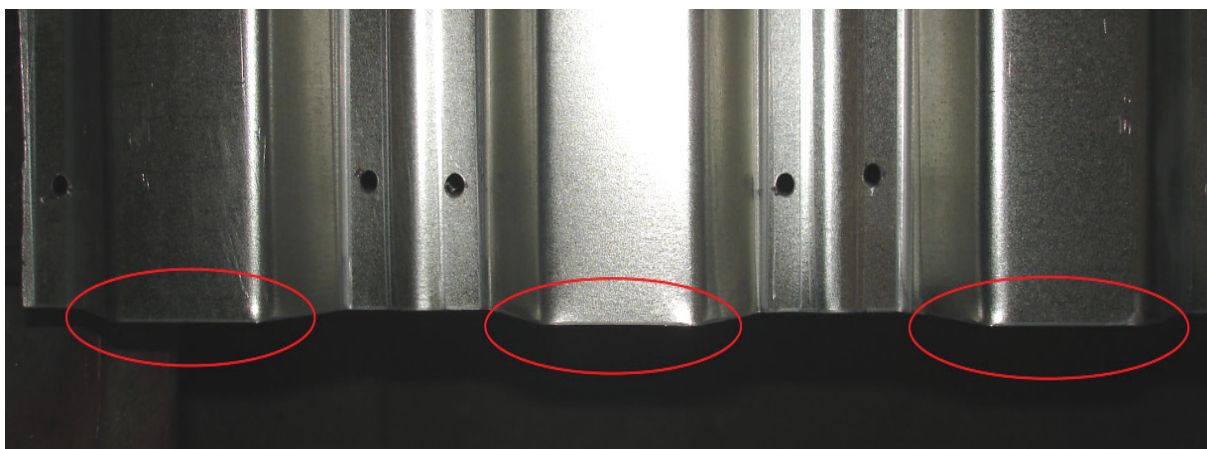


Рисунок 10 – Картина обмятия торцевых участков профилированного настила

В результате сравнения прогибов, полученных в результате эксперимента и моделирования в программном комплексе “Лира ПК” выявлено: прогибы, полученные в результате эксперимента, больше чем расчетные. Это объясняется тем, что происходит дополнительное осевое перемещение торца арки из-за обмятия торцевых участков профилированного настила и перемещения нижней полки профилированного листа, вследствие поворота арки. Наиболее интенсивно обмятие происходит на первых этапах нагружений.

Разница опытных значений с результатами моделирования объясняется еще и тем, что расчет проводился в упругой стадии. Не учтено удлинение оси арки от деформации, которое определяется по формуле [11]:

$$\Delta_f = 8f^2/3l, \quad (1)$$

где:  $\Delta_f$  - удлинение оси арки от деформации,  $f$  – прогиб арки,  $l$  – пролет арки.

Для теоретических значений прогиба введен коэффициент условия работы арочного профилированного настила  $\gamma_{cp} = f_{пр}/f_m \approx 1,25$ .

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам испытаний было установлено, что прочность стального профилированного настила арочной формы для восприятия монтажных нагрузок достаточна, потери общей устойчивости пологой арки не происходит, отмечено обмятие торцевых участков профилированного настила (Рис. 10). Перемещения и прогибы соответствуют условиям, при которых возможно устройство перекрытия. Для снижения нагрузки на несъемную опалубку и экономии материала арочному профнастилу целесообразно задавать дополнительное зна-

чение вылета стрелы  $f \approx l_0/200$  (строительный подъем).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.
2. Abbas, H. S., Bakar, S. A., Ahmadi, M., Haron, Z. Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab // *GRADEVINAR* 67 (2015) 3, pp. 225-233, doi: 10.14256/JCE.1112.2014
3. Афанасьев В.Ю., Соколовский З.Н., Макеев С.А. Несущие арочные покрытия из трапециевидного профиля производства ООО «Монтажпроект», г. Омск // Роль механики в создании эффективных материалов, конструкций и машин 21 века: Труды всероссийской научно-технической конференции, 6-7 декабря 2006г. - Омск: СибАДИ, 2006. -С 81-86.
4. Красотина Л.В., Краснощекоев Ю.В., Мосенкис Ю.М. Использование арочного профнастила при реконструкции зданий // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2009. №14. с. 41-46.
5. Низамеев В.Г., Башаров Ф.Ф. Исследование несущей способности профилированного настила при внецентренном сжатии с учетом закритической его работы // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. №1 (35). С. 95-101.
6. Комлев А.А. Эффективность несъемной опалубки из арочного профилированного настила // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы V Всероссийской научно-практи-

ческой конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Омск: СибАДИ, 2010. Кн. 2, - С.174-177.

7. Золотухин Ю.Д. Испытание строительных конструкций: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Пром. и гражд. стр-во"]. Мн.: Высш. школа, 1983. – 208с., ил.

8. Аронов Р.И. Испытание сооружений. Учебное пособие для вузов. М., "Высш. Школа", 1974. – 187с., ил.

9. Долидзе Д.Е. Испытание конструкций

и сооружений. Учеб. Пособие. М., "Высш. школа", 1975.

10. ТУ 1122-002-44880798-01 Профиль стальной холодногнутый листовой с трапециевидной формой гофра С21-1000. Технические условия.

11. Погребной Я.Ф. Оптимизация технологических и конструктивных решений с варьированием параметров продольных узловых связей. - Киев: Будівельник, 1973. - 134с.

## EXPERIMENTAL STUDIES OF PROFILED FLOORING ARCHED UNDER CONSTRUCTION LOADS IN THE SLABS WITH LOWER VAULTED SURFACE SUBWAYS

A.A. Komlev, S.A. Makeev

**Abstract.** *Experimental studies of permanent shuttering of profiled flooring, arched shape on the effect of mounting loads in the construction of precast-monolithic slabs slightly deepened underground pedestrian crossings. Considered the test scheme, valid work profiled flooring, arched shape. The dependences of the deflection from the action of mounting loads. Proven overall stability of the arches of the profiled decking. Recommendations for the use of profiled flooring arched as permanent formwork.*

**Key words:** *underground pedestrian crossings, precast-monolithic slab, profiled sheeting arched.*

### REFERENCES

1. Klimenko F.E. Stalebetonnye konstrukcii s vneshnim polosovym armirovaniem [Reinforced concrete construction with external reinforcement strip]. Kiev, 1984, 88 p.

2. Abbas, H. S., Bakar, S. A., Ahmadi, M., Haron, Z. Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab [Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab]// GRADEVINAR 67 (2015) 3, pp. 225-233.

3. Afanas'ev V.Ju., Sokolovskij Z.N., Makeev S.A. Nesushhie arochnye pokrytija iz trapecevidnogo profilja proizvodstva OOO «Montazh-proekt», g. Omsk [Supporting an arched cover of a trapezoidal profile manufactured by "Montazh-proekt", Omsk]. Trudy vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, 6-7 dekabnja 2006. Omsk, SibADI, 2006, pp 81-86.

4. Krasotina L.V., Krasnoshhekov Ju.V., Mosenkis Ju.M. Ispol'zovanie arochnogo prof-nastila pri rekonstrukcii zdaniy [The use of arched corrugated sheet in the reconstruction of buildings] Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii, 2009, №14. pp. 41-46.

5. Nizameev V.G., Basharov F.F. Issledovanie nesushhej sposobnosti profilirovannogo nastila pri vnecentrennom szhatii s uchetom zakriticheskoy ego raboty [Research of bearing

capacity of profiled sheeting under eccentric compression considering overcritical of his work]. Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2016, №1(35), pp. 95-101.

6. Komlev A.A. Jefferktivnost' nes#emnoj opalubki iz arochnogo profilirovannogo nastila [The efficiency of a fixed timbering from the arched profiled flooring] Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodopol'zovanija: materialy V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Omsk, SibADI, 2010. Kn.2, pp.174-177.

7. Zolotuhin Ju.D. Ispytanie stroitel'nyh konstrukcij [Testing of building structures]. Minsk, 1983, 208 p.

8. Aronov R.I. Ispytanie sooruzhenij [Test structures]. Moscow, 1974, 187 p.

9. Dolidze D.E. Ispytanie konstrukcij i sooruzhenij [Test structures]. Moscow, 1975.

10. ТУ 1122-002-44880798-01 Профил' stal'noj holodnognutyj listovoj s trapecevidnoj formoj gofra S21-1000 [The cold-formed steel sheet profile with trapezoidal corrugation C21-1000].

11. Pogrebnoj Ja.F. Optimizacija tehnologicheskikh i konstruktivnyh reshenij s var'irovaniem parametrov prodol'nyh uzlovnyh svyazej [Optimiza-

tion of technological and constructive solutions with variation of parameters of longitudinal nodal ties]. Kiev, 1973, 134 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Комлев Андрей Александрович (Омск, Россия) – преподаватель, кафедры «Строительные конструкции» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ). (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: komlev-12@yandex.ru).

Komlev A.A. (Omsk, Russia) – teacher, Siberian state automobile-highway University (SibADI), Department – building Construction.

(644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: komlev-12@yandex.ru).

Макеев Сергей Александрович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ). (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: makeev608079@mail.ru).

Makeev S.A. (Omsk, Russia) – doctor of technical Sciences, professor, Siberian state automobile-highway University (SibADI), Department – building Construction. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: makeev608079@mail.ru).

=====

УДК 711.553

## КОНЦЕПЦИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Т.А. Копылова

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ИРНИТУ), г. Иркутск, Россия

**Аннотация.** В современном градостроительстве уделяется большое внимание проектированию пассажирских интермодальных транспортных узлов, как важной составляющей устойчивых городских транспортных систем. В статье рассмотрен критерий – уровень обслуживания пользователей интермодального пассажирского узла, который определяется полными затратами времени на пересадку. Сами границы уровней обслуживания предлагается установить на основе показателей квантилей распределения значений общей продолжительности пересадки, установленных по результатам обследований интермодальных пассажирских узлов разных типов. Разработка оценочной шкалы уровней обслуживания осуществлена на основе данных, полученных при обследовании пересадочных узлов г. Вены (Австрия). Предусматривается апробация предлагаемой оценочной шкалы уровней обслуживания на примере оценки качества функционирования целого ряда ТПУ г. Иркутска и г. Москвы и последующую разработку практических рекомендаций.

**Ключевые слова:** градостроительное планирование, ориентированное на городской общественный пассажирский транспорт, интермодальный транспортно-пересадочный узел, затраты времени на пересадку, уровень обслуживания.

#### ВВЕДЕНИЕ

Концепция современного интермодального транспортно-пересадочного узла (далее - ТПУ) в мировой градостроительной практике развивается уже много лет. Важность этого вида транспортной инфраструктуры подтверждается наличием большого количества проектов, в результате работы над которыми созданы пер-

вые универсальные руководства и стандарты для проектирования объемно-планировочных решений ТПУ и инфраструктуры в их составе.

Концепция устойчивого развития городов предполагает обязательную составляющую – приоритетное развитие городского общественного пассажирского транспорта (ГОПТ), что получило отражение в современной теории и практике современного градостроительства:



– планирование, ориентированное на ГОПТ (Transit Oriented Development – TOD) – формирование коридоров ГОПТ, с размещением плотной, многофункциональной застройки в зонах пешеходной доступности остановок/станций ГОПТ;

– формирование бесшовных систем ГОПТ (Seamless Transportation Systems) – обеспечение взаимодействия между разными видами ГОПТ в интермодальных узлах (Passenger Intermodal Nodes, Passenger Intermodal Junctions и т.д.), при соблюдении минимальных затрат времени на пересадку и максимально комфортных условий пересадки.

В настоящее время в последней редакции Градостроительного кодекса РФ сформулировано определение ТПУ: «...Транспортно-пересадочный узел - комплекс объектов недвижимого имущества, включающий в себя земельный участок либо несколько земельных участков с расположенными на них, над или под ними объектами транспортной инфраструктуры, а также другими объектами, предназначенными для обеспечения безопасного и комфортного обслуживания пассажиров в местах их пересадок с одного вида транспорта на другой...»\*. В соответствии с этим определением в отечественной градостроительной практике уделяется большое внимание инфраструктуре в составе ТПУ, оптимальному размещению ТПУ, а также влиянию ТПУ на формирование городской среды [1-5, 9].

Вместе с тем в отечественной специальной литературе в недостаточной мере рассмотрены качественные характеристики условий совершения пересадок, как составной части интермодальных передвижений, которые должны обязательно учитываться при формировании объемно-планировочного решения ТПУ. В этой связи мы формулируем задачу – разработать методику оценки функционирования ТПУ как интермодального узла (т.е. узла, в котором происходит смена способа передвижения) [11-19].

Развитая система интермодальных узлов предполагает минимизацию затрат времени пассажирами и обеспечение комфортных условий передвижения. Поэтому одним из основных показателей качества обслуживания в ТПУ является время, затраченное пассажиром при пересадке с одного вида транспорта на другой, которое должно стать основным критерием оценки объемно-планировочного решения ТПУ.

### ФОРМИРОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОЙ ШКАЛЫ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА

В целях формирования шкалы качества предложен критерий уровня обслуживания (Level of Service – LOS). В начале 50-х годов XX века этот критерий был применен для оценки качества функционирования принципиально разных элементов транспортной инфраструктуры (перегоны дороги, регулируемые и нерегулируемые пересечения, съезды (рампы) развязок). Позднее показатель LOS начали эффективно использовать для оценки качества функционирования элементов улично-дорожной сети (далее – УДС) (пешеходные коммуникации, велосипедные дорожки, общественный пассажирский транспорт) [6-8].

Согласно руководствам Highway Capacity Manual 2000 [13] и 2010 [14] (далее - Руководства HCM 2000, 2010), основными критериями уровня обслуживания различных элементов транспортной инфраструктуры и УДС являются следующие показатели: скорость движения, величина средней задержки на перекрестках, количество пассажиров, приходящееся на одно сидение, пространство в расчете на одного пассажира и др. В качестве примера ниже приведены уровни обслуживания пешеходного потока, принятые в Руководствах HCM 2000 и 2010 (таблица 1).

Несколько позднее критерий LOS стал применяться для оценки качества функционирования аэропортов. Концепция «Airport Development Reference Manual» (далее – Руководство ADRM 2004) [14] основывается на определении минимально допустимых показателей пространства, приходящихся на каждого пассажира в различных зонах аэропорта. На основании значений площадей в различных зонах обслуживания авиатерминалов в Руководстве ADRM 2004 сформирована классификация уровней обслуживания А – F.

Однако, в Руководстве ADRM 2016 сформирована концепция нового уровня обслуживания, основанная не только на показателях пространства, приходящегося на пассажира в м<sup>2</sup>, но и на показателях максимального времени ожидания.

Основная цель новой концепции состоит в предоставлении пассажирам оптимальных условий, избегая при этом недостаточности или излишества в процессе оказания услуг.

Используя за основу материалы и совре-

\*\*\* Градостроительный кодекс Российской Федерации // Консультант Плюс, 2004, с. 6.



Таблица 1  
СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДНОГО ПОТОКА В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ЕГО ИНТЕНСИВНОСТИ И ПЛОЩАДИ ТЕРРИТОРИИ, ПРИНЯТЫЕ  
В РУКОВОДСТВАХ НСМ 2000 [13], 2010 [14]

| Уровень обслуживания | Пространство, м <sup>2</sup> /пеш | Плотность пешеходного потока, чел/м <sup>2</sup> | Интенсивность, пеш/м/мин | Скорость, м/с             |           |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|
|                      |                                   |                                                  |                          | Коридор/ Пандус           | Лестница  |
| A                    | > 5,60                            | <0,18                                            | 16                       | 1,30                      | >1,9      |
| B                    | 3,7 – 5,6                         | 0,18 – 0,27                                      | 16,1 – 23                | 1,25                      | 1,6 – 1,9 |
| C                    | 2,2 – 3,7                         | 0,27 – 0,45                                      | 23,1 – 33                | 1,15                      | 1,1 – 1,6 |
| D                    | 1,4 – 2,2                         | 0,45 – 0,71                                      | 33,1 – 49                | 1,00                      | 0,7 – 1,1 |
| E                    | 0,75 – 1,4                        | 0,71 – 1,33                                      | 49,1 - 75                | 0,70                      | 0,5 – 0,7 |
| F                    | < 0,75                            | >1,33                                            | Меняется                 | Меняется. возможны заторы | < 0,5     |

менную литературу [11-19], посвященную изучению уровня обслуживания транспортной инфраструктуры, УДС и терминалов воздушного транспорта, в работе сформулирована концепция уровня обслуживания пользователей интермодального пассажирского узла, которая заключается в следующем.

Время пассажира, затраченное на весь процесс путешествия «от двери до двери» («door-to-door») можно изобразить следующим образом (рисунок 1).

«Поездка» + «Поездка» - транспортные затраты ( $T_{\text{трансп}}$ )  
 $T_{\text{полное}} - T_{\text{трансп}}$  - накладные затраты времени

Уровень обслуживания пользователей интермодального пассажирского узла предлагается оценивать, используя показатель  $T$  – полные затраты времени на пересадку (с), которые являются суммой затрат времени на передвижение от места высадки к месту посадки  $t_p$  (с) и времени ожидания транспорта, на который осуществляется пересадка  $t_w$  (с):

$$T = t_p + t_w, \quad (1)$$

Продолжительность передвижения при пересадке определяется с учетом меняющейся

загруженности узла пешеходными потоками (таблица 1):

$$t_p = \sum_1^n \frac{L_i}{v_i}, \quad (2)$$

где  $L_i$  – протяженность элемента  $i$  (коридора, лестницы, пандуса), м;  $v_i$  – скорость движения пешеходного потока в зависимости от его плотности (рисунок 2, таблица 1);  $n$  – количество элементов на пути следования при совершении пересадки.

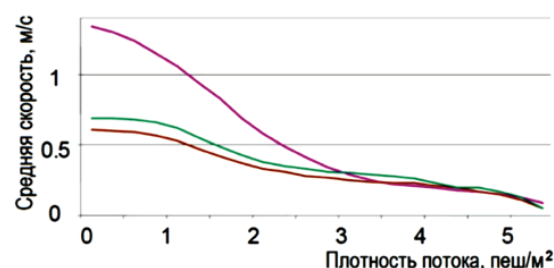


Рисунок 2 – Изменение скорости движения пешеходного потока на разных участках (коридоры/пандусы, лестницы) при увеличении его плотности

Продолжительность ожидания при пересадке определяется:

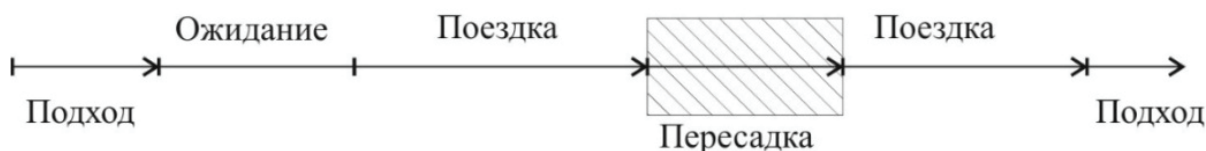


Рисунок 1 – Время пассажира, затраченное на весь процесс путешествия «от двери до двери» («door-to-door»)

в случае фиксированного расписания

$$t_w = \frac{\tau}{2}, \quad (3)$$

в случае отклонений от среднего значения интервала (уличный транспорт: трамвай, троллейбус, автобус)

$$t_w = \tau_{85\%} = \bar{\tau} C_v Z, \quad (4)$$

где  $\tau$  - продолжительность маршрутного интервала при фиксированном расписании, с;  $\tau_{85\%}$  - продолжительность маршрутного интервала 85% обеспеченности, с;  $\bar{\tau}$  - средний интервал на маршруте, с;  $C_v$  - коэффициент вариации интервала на маршруте;  $Z$  - нормированное отклонение, соответствующее 85% квантилю нормального нормированного распределения.

Значения  $\bar{\tau}$  и  $C_v$  определяются натурными обследованиями или назначаются.

Оценочную шкалу уровней обслуживания (A-D) предлагается сформировать на основе оценки полных затрат времени на пересадку  $T_p$ , осуществляемой в свободных условиях пешеходного движения в пересадочном узле (т.е. при уровне обслуживания А см. таблицу 1) и фиксированном расписании:

$$T_f = \sum_1^n \frac{L_i}{v_{if}} + \frac{\tau}{2}, \quad (5)$$

где  $v_{if}$  - скорость движения пешеходного потока на элементе  $i$  в свободных условиях;  $n$  -

количество элементов на пути следования при совершении пересадки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сами границы уровней обслуживания предложено установить на основе значений квантилей распределения значений общей продолжительности пересадки, определенных по результатам обследований интермодальных узлов г. Вены. Выбор Вены обусловлен тем, что город обладает большим разнообразием интермодальных узлов:

в которых взаимодействуют разные виды транспорта

- внеуличные: S Bahn (пригородная железная дорога), U-Bahn (метро);

- уличные: трамвай, автобус;

- сочетающих разные комбинации пересадок:

- внеуличный – внеуличный;

- внеуличный – уличный;

- уличный –уличный.

По результатам выполненного исследования уровни обслуживания получают следующее описание (Таблица 2):

Дальнейшее продолжение исследования предусматривает апробацию предлагаемой оценочной шкалы уровней обслуживания на примере оценки качества функционирования целого ряда ТПУ г. Иркутска и г. Москвы и последующую разработку практических рекомендаций.

Таблица 2  
ПРЕДЛАГАЕМАЯ ГРАДАЦИЯ УРОВНЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ  
В ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ УЗЛАХ ГОПТ Г. ВЕНЫ

| Уровень обслуживания | Качество обслуживание – условия пересадки                                                                                                                     | Затраты времени на пересадку, с / мин:с    |                                               |                                             |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                      |                                                                                                                                                               | Уличный –уличный                           | Внеуличный – уличный; внеуличный – внеуличный | Все виды пересадок                          |
| A                    | Превосходные условия пересадки. Свободный поток пересаживающихся пассажиров. Помех движению нет, высокая степень комфорта                                     | $t \leq 320$<br>$t \leq 5:20$              | $t \leq 370$<br>$t \leq 6:10$                 | $t \leq 340$<br>$t \leq 5:40$               |
| B                    | Хорошие условия пересадки. Стабильный поток пересаживающихся пассажиров. Увеличение помех движению, достаточная степень комфорта                              | $320 < t \leq 390$<br>$5:20 < t \leq 6:30$ | $370 < t \leq 510$<br>$6:10 < t \leq 8:30$    | $340 < t \leq 450$<br>$5:40 < t \leq 7:30$  |
| C                    | Удовлетворительные условия пересадки. Нестабильный поток пересаживающихся пассажиров. Помехи движению на короткий период времени, приемлемая степень комфорта | $390 < t \leq 450$<br>$6:30 < t \leq 7:30$ | $510 < t \leq 1020$<br>$8:30 < t \leq 17:0$   | $450 < t \leq 990$<br>$7:30 < t \leq 16:30$ |
| D                    | Недостаточные/плохие условия пересадки. Нестабильный поток пересаживающихся пассажиров. Низкая степень комфорта                                               | $t > 450$<br>$t > 7:30$                    | $t > 1020$<br>$t > 17:0$                      | $t > 990$<br>$t > 16:30$                    |

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Власов Д.Н. Современное состояние и перспективы развития системы перехватывающих парковок в московской агломерации / Власов Д.Н. Данилина Н.В. // Градостроительство, 2014. - № 4 (32). – с. 36-39.
2. Власов Д.Н. Структура системы транспортно-пересадочных узлов агломерации / Власов Д.Н. // Градостроительство, 2013. - № 2 (24). – с. 84-88.
3. Власов Д.Н.. Принципы застройки, ориентированные на массовые виды транспорта, в планировании зарубежных пересадочных узлов / Д.Н. Власов // Архитектура и строительство России, 2015. - № 8. – с. 20-29.
4. Копылова Т.А., Михайлов А.Ю. Разработка оценочной шкалы затрат времени на пересадку // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы двадцать второй международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2016. - с. 352 - 357.
5. Копылова Т.А., Михайлов А.Ю. Оценка функционирования интермодальных узлов городского пассажирского транспорта // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2016. - с. 528 –532.
6. Копылова Т.А. Предложения по оценке уровня обслуживания в интермодальном узле городского пассажирского транспорта / Т.А. Копылова, А.Ю. Михайлов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – Иркутск. – Том 7 № 2, 2017. – с. – 150-154.
7. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов: монография / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. - Н.: Наука, - 2004 - 267 с.
8. Михайлов А.Ю. К вопросу о современных критериях оценки качества организации дорожного движения и функционирования городского пассажирского транспорта / А.Ю. Михайлов, М.И. Шаров // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства. – Красноярск, 2016. – с. 522–528
9. Солодянкина С. В., Пуляевская Е.В. Методика применения инструментов ландшафтного планирования в градостроительстве / С. В. Солодянкина, Е.В. Пуляевская // Вестник ИрГТУ. Иркутск, 2013. - № 10 (81). - С. 182–185.
10. Шагимуратова А.А. Роль железнодорожного транспорта в формировании системы транспортно-пересадочных узлов на примере Германии // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/122TVN216.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/122TVN216
11. Dott. Nicola Desiderio. Requirements of Users and Operators on the Design and Operation of Intermodal Interchanges. / Dott. Nicola Desiderio // Technical University of Darmstadt. - Darmstadt. - 33 p.
12. Edwards Brian. Sustainability and the design of transport interchanges: Book / B. Edwards. - USA, 2011. - 194 p.
13. Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000): Transportation Research Board, National Research Council. - Washington, D.C., U.S.A., - 2000. - 1207 p.
14. Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010): Transportation Research. Available: [Boardhttp://hcm.trb.org/?qr=1](http://hcm.trb.org/?qr=1).
15. Airport Development Reference Manual. 9th Edition. International Air Transport Association. Available: [http://docshare.tips/iata-airport-development-reference-manual-jan-2004\\_574f22a6b6d87f7d0a8b62e0.html](http://docshare.tips/iata-airport-development-reference-manual-jan-2004_574f22a6b6d87f7d0a8b62e0.html)
16. Daamen W. A quantitative assessment on the design of a railway station // Computers in railways VIII Congress Proceedings WIT Press 2002. p. 191 - 200.
17. Li-Ya Yao, Xin-Feng Xia, Li-Shan Sun. Transfer Scheme Evaluation Model for a Transportation Hub based on Vectorial Angle Cosine. Sustainability. - China 2014, 6. – p. 4152-4162.
18. Piotr Olszewski. Quantitative assessment of public transport interchanges / Piotr Olszewski, Piotr Krukowski // Warsaw University of Technology. Association for European Transport and Contributors. - Warsaw, Poland, 2012. – 12 p.
19. Fruin, J.J. Pedestrian planning and design, New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners Inc. – 1971. – 206 p.

## CONCEPTION OF LEVEL OF SERVICE OF PUBLIC INTERMODAL TRANSPORT JUNCTIONS

T.A. Kopylova

**Annotation.** *The planning of passenger intermodal transport nodes consider like an important part of sustainable transportation system. For projecting of passenger transport junction give consideration in the current urban planning. This article shows the concept of the level of service for functional estimation of different types of transport infrastructure and network of streets. Supposition was made by author about the main indicator of service level of intermodal nodes functional which is used to estimate the transport junction. Author suggests to estimate the level of service of users of intermodal passenger using indicator of total cost of time required to transfer, which are a sum of costs of time required to move from landing to boarding area and time of transport expectation. It is offered to set the boarders of level of service on the basis of inverse distribution indicators of the whole duration of interchanging that was determined using results of researching of different types of intermodal passenger nodes. The development of evaluation scale of levels of service will be performed on the basis of data that were got during the researching of transfer hubs in Vienna. In the future the approbation of this scale using the example of function quality evaluation number of passenger transport nodes of Irkutsk and Moscow and following development of practical recommendation.*

**Keywords:** *intermodal transport junction, node, interchanging time, pedestrian flow, level of service.*

### REFERENCES

1. Vlasov B. N., Danilina N.V. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya sistemy perehvatyayush'ih parkovok v moskovskoi aglomerazii [Current state and prospects of the developing Park and Ride system of Moscow agglomeration]. *Gradostroitel'stvo* [Urban planning], 2014. no 4 (32). - pp. 36-39.

2. Vlasov B. N. Struktura sistemy transportno-peresadochnykh uzlov aglomerazii [The system structure of transport nodes of an agglomeration]. *Gradostroitel'stvo* [Urban planning], 2013. no 2 (24). pp. 84-88.

3. Vlasov B. N. Printsipy zastroiki, orientirovannye na massovye vidy transporta, v planirovani zarubejnykh peresadochnykh uzlov [The building concepts that are oriented on passenger types of public transport in the planning of foreign transport nodes]. *Arhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and building of Russia], 2015. no 8. pp. 20-29.

4. Kopylova T.A., Mikhailov A.Yu. Razrabotka otsenочноy shkaly zatrat vremeni na peresadku [Development of evaluation scale of costs of time required to transfer]. *Sotsial'noekonomicheskie problemy razvitiya i funktsionirovaniya transportnykh sistem gorodov i zon ikh vliyaniya, mat-ly XXII Mezhdunar. nauch.-prakt.konf.* [Social and economical problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their impact: materials of XXII International scientific and practical conference]. Ekater-

inburg, 2016. pp. 352–357.

5. Kopylova T.A., Mikhailov A.Yu. Otsenka funktsionirovaniya intermodal'nykh uzlov gorodskogo passazhirskogo transporta [Evaluation of functioning of intermodal nodes of urban passenger transport]. *Transportnye sistemy Sibiri. Razvitie transportnoi sistemy kak katalizator rosta ekonomiki gosudarstva: sb. nauch. Trudov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Transport systems in Siberia. Development of transport system as accelerator of growth of economics of the state: collection of studies of International scientific and practical conference]. Krasnoyarsk, 2016. pp. 528–532.

6. Kopylova T.A., Mikhailov A.Yu. Predlozheniya po ozenke urovnya obslujivaniya v intermodal'nom uzle gorodskogo passajirskogo transporta [The suggestion for estimation of level of service of intermodal transport node]. *Izvestiya vuzov. Investizii. Stroitel'stvo. Nedvijimost'* [Proceedings of Universities. Investments. Construction. Real estate]. Irkutsk, 2017. Vol. 7 no 2. pp. 150-154.

7. Mikhailov A.Yu. Golovnykh I.M. Sovremennye tendenzii proektirovaniya rekonstrukzii ulichno-dorojnoy seti gorodov: monografiya [Current tendencies of project and reconstruction of streets network: monograph]. Nauka [Science], 2004. 267 p.

8. Mikhailov A.Yu., Sharov M.I. K voprosu o sovremennykh kriteriyah ozenki kachestva organizatsii dorojnogo dvizheniya i funktsionirovaniya gorodskogo passajirskogo transporta [To ques-



tion about current indicators of quality assessment of traffic management and function of public transport]. Transportnye sistemy Sibiri. Razvitiye transportnoi sistemy kak katalizator rosta ekonomiki gosudarstva [Transport systems in Siberia. Development of transport system as accelerator of growth of economics of the state]. Krasnoyarsk, 2016. pp. 522-528.

9. Solodyankina S.V. Pulyaevskaya E.V. Metodika primeneniya instrumentov landshaftnogo planirovaniya v gradostroitel'stve [An apply methods of landscape planning tools in urban planning]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. Irkutsk, 2013. 10 № (81). pp. 150-154.

10. Shagimuratova A.A. Rol' jeleznodorozhnogo transporta v formirovanii sistemy transportno-peresadochnykh uzlov na primere Germanii [Role rail transport in building of system of transport nodes using example of Germany]. Internet-journal «Naukovedenie» [Internet-magazine «Sociology of science»]. Vol.8, no 2, 2016. <http://naukovedenie.ru/PDF/122TVN216.pdf>. DOI: 10.15862/122TVN216.

11. Dott. Nicola Desiderio. Requirements of Users and Operators on the Design and Operation of Intermodal Interchanges. Dott. Nicola Desiderio. Technical University of Darmstadt. Darmstadt. 33 p.

12. Edwards Brian. Sustainability and the design of transport interchanges: Book. B. Edwards. USA, 2011. 194 p.

13. Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000) Transportation Research Board, National Research Council. - Washington, D.C., U.S.A., 2000. 1207 p.

14. Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) Transportation Research. Available Board-<http://hcm.trb.org/?qr=1>.

15. Airport Development Reference Manual. 9th Edition. International Air Transport Association. Available [http://docshare.tips/iata-airport-development-reference-manual-jan-2004\\_574f22a6b6d87f7d0a8b62e0.html](http://docshare.tips/iata-airport-development-reference-manual-jan-2004_574f22a6b6d87f7d0a8b62e0.html)

16. Daamen W. A quantitative assessment on the design of a railway station. Computers in railways VIII Congress Proceedings WIT Press 2002. p. 191-200.

17. Li-Ya Yao, Xin-Feng Xia, Li-Shan Sun. Transfer Scheme Evaluation Model for a Transportation Hub based on Vectorial Angle Cosine. Sustainability. China 2014, 6. p. 4152-4162.

18. Piotr Olszewski. Quantitative assessment of public transport interchanges. Piotr Olszewski, Piotr Krukowski. Warsaw University of Technology. Association for European Transport and Contributors. Warsaw, Poland, 2012. 12 p.

19. Fruin, J.J. Pedestrian planning and design, New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners Inc. 1971. 206 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Копылова Татьяна Александровна (Иркутск, Россия) – соискатель на кафедре «Менеджмент и логистика на транспорте», специалист по связям с общественностью пресс-службы ИРНИТУ. (664074, г.Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: kopylova.T.irkutsk@gmail.com).*

*Tatiana A. Kopylova (Irkutsk, Russia) – competitor at the Department of Transport Management and Logistics, public relations specialist of the press service of Irkutsk National Research Technical University, (644074, Irkutsk, Lermontov street, 83, e-mail: kopylova.T.irkutsk@gmail.com).*

УДК 624.046

## ЖИВУЧЕСТЬ ЗДАНИЙ СО СБОРНЫМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ

Ю.В. Краснощеков  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования живучести многоэтажного здания при аварийном отказе несущего элемента сборного железобетонного перекрытия. Проведение подобных исследований предусмотрено нормами проектирования с целью обеспечения



безопасности зданий и сооружений и исключения прогрессирующего разрушения конструкций. В процессе исследования выполнен анализ возможных отказов отдельной плиты сборного настила перекрытия, определена сила удара падающей конструкции на расположенное ниже перекрытие с учетом коэффициента динамичности и проверена возможность прогрессирующего разрушения здания. Рассмотрен конкретный случай отказа плиты перекрытия в результате аварийного обрушения карнизной части наружной кирпичной стены 5-этажного жилого дома. Выявлена необходимость резервирования прочности конструкций перекрытия из многослойных плит. Функцию резервирования выполняют межплитные связи из бетонных шпонок, которые обычно предусмотрены для обеспечения жесткости дисков перекрытий и устойчивости здания при действии горизонтальных нагрузок. Выполнена оценка несущей способности типовых бетонных шпонок по методике российских норм проектирования при действии на перекрытия аварийной нагрузки интенсивностью, рекомендованной европейскими нормами проектирования зданий и сооружений. В выводах отмечена целесообразность использования конструктивных связей сборных перекрытий с целью исключения прогрессирующего обрушения многоэтажных зданий.

**Ключевые слова:** безопасность зданий, аварийная нагрузка, прогрессирующее обрушение, сборные железобетонные конструкции, межплитные шпоночные связи.

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Нормы проектирования требуют проведения исследований живучести зданий и сооружений при отказе ключевых несущих элементов.

2. Для обеспечения живучести многоэтажных зданий при разрушении плиты сборного перекрытия верхних этажей необходимо резервирование прочности плит.

3. Межплитные связи в виде бетонных шпонок обеспечивают живучесть многоэтажного здания при ширине сборных железобетонных плит до 1,8 м.

#### ВВЕДЕНИЕ

Основное условие проектирования зданий и сооружений повышенного уровня ответственности – это обеспечение безопасности [1]. Согласно межгосударственному стандарту [2] надежность строительных конструкций таких зданий и сооружений должна быть обеспечена, в частности, за счет выбора конструктивных решений, которые при аварийном выходе из строя или локальных повреждениях отдельных несущих элементов не приводят к прогрессирующему обрушению сооружения. Там же введен термин «прогрессирующее (лавинообразное) обрушение: Последовательное (цепное) разрушение строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения». Расчет на прогрессирующее разрушение производится для зданий и сооружений классов КС-3 и КС-2 с массовым нахождением людей. Рекомендательный

перечень зданий и сооружений с массовым нахождением людей приведен в приложении Б стандарта. К ним отнесены, в частности, здания (жилые, офисные, административные, общественные и др.) высотой 5 этажей и более.

Аварийное воздействие в результате отказа несущего элемента конструкции является частным случаем особого воздействия, не задаваемого в нормативной документации. В сложных конструктивных системах зданий и сооружений имеется множество несущих элементов. У проектировщиков часто возникает вопрос, об отказах каких именно элементов идет речь в каждом конкретном случае. Поиск таких элементов не приведет ли к многократному увеличению объема строительных расчетов [3]?

К сожалению, в действующих нормах проектирования [4] отсутствует даже раздел по аварийным воздействиям. Отмечается лишь, что частным случаем особого воздействия может быть отказ работы несущего элемента конструкции, создающий аварийные ситуации с возможными катастрофическими последствиями. Однако в перечне аварийных воздействий отказы несущих элементов не упоминаются. Малоутешительный ответ проектировщикам содержит п. 4.7 СП: «для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности дополнительные требования к воздействиям необходимо устанавливать в нормативной документации на отдельные виды сооружений, а также в заданиях на проектирование с учетом рекомендаций, разработанных в рамках научно-технического сопровождения проектирования».

Опыт строительства свидетельствует о том, что здание или сооружение следует проектировать таким образом, чтобы в случае разрушения любого отдельного элемента весь объект или его наиболее ответственная часть сохраняла работоспособность в течение периода времени, достаточного для принятия срочных мер (например, эвакуации людей при пожаре). Безотказность этих элементов должна обеспечивать строительный объект от полного разрушения при аварийных воздействиях, даже если его дальнейшее использование по назначению окажется невозможным без капитального ремонта [5]. Актуальность проблемы обусловлена тем, что существующая практика конструирования не учитывает возможность прогрессирующего разрушения [6]. Идея проектирования конструкций с учетом катастрофических воздействий сформулирована относительно недавно [7, 8].

Свойство конструкций сохранять при аварийных воздействиях способность к выполнению основных функций, не допуская лавинообразного (каскадного) развития возмущений и отказов обычно связывают с термином «живучесть» [9, 10]. В европейских нормах EN 1991-1-7, на которые следует ссылаться после утверждения Национальных приложений к Еврокоду [11], живучестью (robustness) названо свойство конструкции противостоять таким событиям, как пожар, взрыв, удар или результат человеческих ошибок без возникновения повреждений, которые были бы непропорциональны причине, вызвавшей повреждение. Здесь же приведена классификация особых (аварийных) воздействий, в которой отмечены возможные причины аварий зданий и сооружений или значительные повреждения их несущих конструкций:

- ошибки в проектах, в том числе связанные с несовершенством требований норм;
- дефекты материалов;
- недоброкачественное производство работ;
- недостатки эксплуатации зданий, в том числе их инженерного оборудования;
- небрежность, некомпетентность, а иногда и случаи вандализма (в частности, самовольная перепланировка квартир с ослаблением несущих конструкций).

Живучесть – это системное свойство, актуальность исследования которого возрастает с усложнением строительных объектов [12, 13, 14].

При расчете конструкций нормами предусмотрено обязательное рассмотрение ава-

рийной ситуации, соответствующей исключительным условиям работы сооружения, которые могут привести к существенным социальным, экологическим и экономическим потерям. Надежность сооружения для каждой расчетной ситуации должна быть обеспечена расчетом по всем предельным состояниям, в том числе по особому предельному состоянию, возникающему при особых воздействиях и ситуациях, и превышение которого приводит к разрушению сооружения с катастрофическими последствиями. Полувероятностная модель надежности, реализованная в методе предельных состояний, предполагает анализ напряженно-деформированного состояния конструктивной системы с оценкой прочности и устойчивости при разрушении одного или нескольких несущих элементов (моделирование возможной ситуации разрушения) [15, 16]. Подобную модель предлагал для третьей группы предельных состояний (по живучести) В.Д. Райзер [17]. Для увеличения живучести используют различные стратегии [18, 19].

В общем случае расчет на живучесть сводится к расчету устойчивости здания и сооружения против прогрессирующего разрушения с учетом пластических деформаций при предельных нагрузках. В работе [20] предлагается выполнять расчет на живучесть в 2 этапа. На первом этапе производится расчет в эксплуатационной стадии, предшествующей локальному разрушению. Расчет с выключенными элементами выполняется на втором этапе с учетом физической и геометрической нелинейности на действие нагрузки от усилия, определенного на первом этапе с увеличением на коэффициент, учитывающий динамический эффект локального разрушения. По мнению авторов, такой расчет является компьютерным моделированием процесса приспособления конструкции к новой расчетной ситуации.

При исследовании живучести каркасных зданий с рамной схемой обеспечения пространственной жесткости обычно рассматривается случай отказа одной из колонн нижнего этажа. В результате больших перемещений конструкция может адаптироваться к новой ситуации с возможным изменением расчетной схемы. При этом расчетная схема перекрытия над удаленной колонной в связи с большими перемещениями рассматривается в виде мембраны. Для поиска эффективного решения перекрытий здания со связевым каркасом разработаны варианты обеспечения живучести путем усиления перекрытия [21].

В работе [22] показано, что в каркасных зда-

ниях с безбалочными железобетонными перекрытиями при превышении определенных размеров сетки колонн определяющим является расчет против прогрессирующего разрушения с учетом пластических деформаций при предельных нагрузках. При этом принимаются во внимание только особые сочетания нагрузок, включающие постоянные и длительные временные нагрузки с коэффициентами сочетания и надежности равными единице, а также наиболее опасные схемы локального разрушения. Величины перемещений (прогибов) и ширина раскрытия трещин в конструкциях не регламентируются, а устойчивость должна быть обеспечена при минимальной жесткости конструктивных элементов и узловых соединений, соответствующих максимально допустимым деформациям бетона и арматуры. Критерии несущей способности в этом случае те же, что и в обычных расчетах по предельным состояниям.

Расчет конструкций сооружений повышенного уровня ответственности (класса КС-3) рекомендуется проводить на основе результатов специальных теоретических и экспериментальных исследований. Расчет допускается не проводить, если предусмотрены специальные мероприятия, исключающие прогрессирующее обрушение сооружения.

В статье рассмотрен конкретный пример исследования на живучесть 5-этажного жилого здания (класс КС-2) с несущими кирпичными стенами при отказе одной из плит настила сборного железобетонного перекрытия.

#### **АНАЛИЗ ЖИВУЧЕСТИ ЗДАНИЯ ПРИ ОТКАЗЕ (РАЗРУШЕНИИ) НЕСУЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ПЕРЕКРЫТИЯ**

В соответствии с действующими нормами при проектировании 5-этажного жилого здания (класс КС-2) с несущими кирпичными стенами следует выполнить расчет на прогрессирующее обрушение. Основными несущими элементами здания являются фундаменты, стены и перекрытия. Если рассматривается возможность применения традиционного конструктивного решения перекрытий со сборными настилами из железобетонных плит, проектировщик обязан предусмотреть возможность прогрессирующего обрушения здания или его части при отказе отдельной плиты перекрытия (локальном разрушении перекрытия верхнего этажа) в результате аварийного воздействия: взрыва, пожара, несанкционированных перепланировок и т.п.

Железобетонный настил – это несущая конструктивная система из расположенных в горизонтальной плоскости элементов, взаимосвязанных и взаимодействующих при нагружении поперечной нагрузкой. Настил является основной несущей частью (подсистемой) конструктивных систем перекрытий (покрытий) зданий. Существуют различные способы членения настилов на элементы в зависимости от конструктивного решения и технологии изготовления перекрытия (покрытия). Особенно тщательно отработаны способы членения сборных систем, основным элементом которых являются железобетонные изделия в виде плит.

Сборные элементы различают по размерам, форме и конфигурации поперечного сечения, армированию и несущей способности, а также способам соединения между собой и с опорными элементами перекрытий. Основные размеры элементов унифицированы. Наиболее распространены плиты плоские сплошные или многопустотные. Взаимосвязь элементов обеспечивается замоноличиванием швов бетоном или раствором, реже с помощью сварки закладных деталей или выпусков арматуры.

Расчетные модели (схемы) настила формируют на основе конструктивных схем и механизма взаимодействия элементов. Наиболее проста и доступна расчетная схема настила в виде плоской системы – пластины с безмоментными связями между элементами (рис. 1).

Типовые плиты обычно рассчитывают по балочной статически определимой схеме. Поэтому отказ их возможен в результате разрушения по одному из сечений: нормальному или наклонному. Наиболее опасно хрупкое разрушение бетона сжатых зон, разрушение анкеровки арматуры в опорной зоне или внезапное смещение плиты с опоры (отказ опорного элемента).

Отказ опоры едва не случился при обрушении карнизного участка наружной стены, показанного на рис. 2.

На рис. 2 видно, что одна из плит (над оконным проемом) практически лишена торцевой опоры и не обрушилась только благодаря связи со смежными плитами.

Возможное разрушение плиты сопровождается её падением с ударным воздействием на расположенные ниже конструкции. Если нижний настил от такого удара разрушается, то возможно прогрессирующее обрушение значительной части здания с катастрофическими последствиями. Такую ситуацию допустить нельзя.



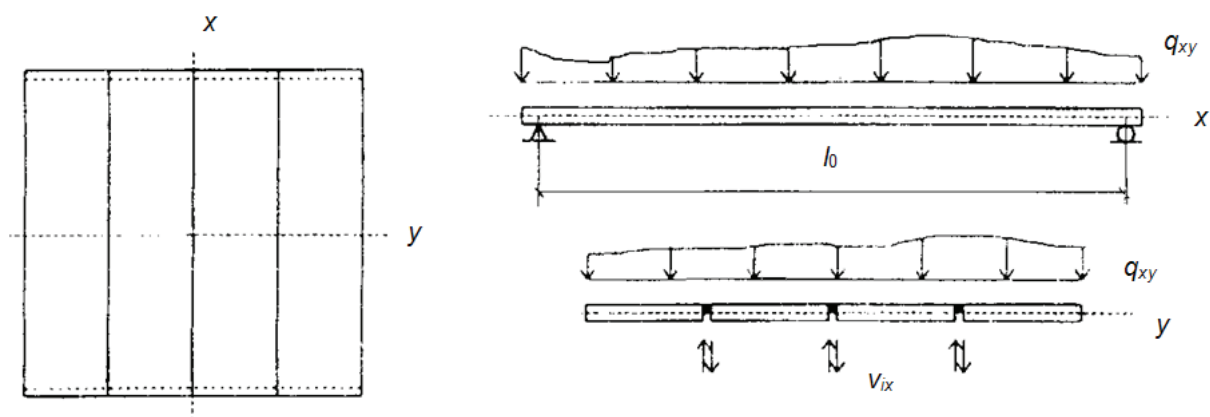


Рисунок 1 – Пример расчетной схемы сборного настила



Рисунок 2 – Обрушение наружной стены жилого здания

Например, плита пролетом 6 м и шириной  $b = 1,2$  м рассчитана на нагрузку  $15 \text{ кН/м}^2$  (с учетом собственного веса  $3 \text{ кН/м}^2$ ). Несущая способность плиты по поперечной силе  $Q = 15 \cdot 6 \cdot 1,2/2 = 54 \text{ кН}$ . При падении плиты одним концом возникает статическая нагрузка, равная половине веса плиты  $P = 3 \cdot 6 \cdot 1,2/2 = 10,8 \text{ кН}$ .

Сила удара может быть представлена эквивалентной статической силой  $F = k_d P$ , равной

весу элемента с учетом коэффициента динамичности  $k_d$ . Чтобы не произошло прогрессирующего обрушения, коэффициент динамичности в приведенном примере не должен превышать  $k_d = 54/10,8 = 5$ .

Коэффициент динамичности определяется в зависимости от высоты этажа  $h$  и деформации  $f_{st}$  конструкции, подвергшейся удару, от статического приложения нагрузки  $P$  [23]

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + 2h/f_{st}}. \quad (1)$$

Величина коэффициента динамичности при жестком ударе (если  $f_{st} \rightarrow 0$ ) может быть очень большой. Например, максимальный прогиб плиты пролетом 6 м не должен превышать  $f_{st} = 600/150 = 4$  см. Даже при падении груза на середину пролета плиты с высоты этажа  $h = 3$  м коэффициент динамичности  $k_d = 13,3 > 5$ . Чем ближе к опоре плиты приходится удар, тем меньше одамливость конструкции, тем больше величина коэффициента динамичности и вероятность прогрессирующего обрушения.

Чтобы исключить прогрессирующее обрушение, конструктивная система настила должна обладать значительными резервами прочности. Резервирующую функцию могут выполнять межплитные связи, обеспечивающие взаимодействие плит настила.

Возможность учета взаимодействия элементов перекрытий предусмотрена европейскими нормами проектирования железобетонных конструкций (EN 1992-1-1). Согласно нормам, если при расчете учитывается поперечное распределение нагрузок между соседними (смежными) элементами, то должны быть предусмотрены соответствующие соединения для передачи поперечного усилия (рис. 3).

Поперечное распределение нагрузок должно быть основано на расчете или испытаниях. Для настилов с элементами шириной  $b$  при равномерно распределенной полезной нагрузке  $p$  (кН/м<sup>2</sup>) и отсутствии более точного расчета поперечное усилие на единицу длины стыкового соединения по европейским нормам допускается определять по формуле

$$v = pb/3. \quad (2)$$

В настоящее время межплитные соединительные связи предусматривают для обеспечения жесткости диска перекрытия на горизонтальные нагрузки (ветровые или сейсмические). В сочетаниях нагрузок и воздействий должно учитываться только одно особое воздействие без учета кратковременных нагрузок, поэтому работу межплитных связей можно учитывать при расчете на аварийную нагрузку.

Согласно EN 1991-1-7 ключевые элементы для обеспечения живучести должны быть рассчитаны на аварийную равномерно распределенную нагрузку 34 кН/м<sup>2</sup> [24]. Эта величина равномерно распределенной нагрузки эквивалентна по изгибающему моменту сосредоточенной силе  $F = 34 \cdot 6 \cdot 1,2/2 = 122$  кН, приложенной в середине пролета плиты длиной 6 м и шириной 1,2 м. Удар такой силы производит элемент массой около 0,9 т ( $P = 9$  кН), падающий с высоты этажа 3 м на расположенное ниже перекрытие (при  $f_{st} = 4$  см и  $k_d = 13,3$ ).

Железобетонные плиты перекрытий изготавливают с углублениями на боковых гранях для образования после их замоноличивания прерывистых или непрерывных шпонок, обеспечивающих совместную работу плит на сдвиг в горизонтальном и вертикальном направлениях [25]. На боковых гранях многопустотных плит предусматривают прерывистые углубления чаще всего круглой формы, при заполнении которых бетоном класса не менее В15 образуется шпоночный шов в виде системы взаимосвязанных шпоночных элементов. При шаге шпонок 0,2 м, регламентируемом для многопустотных плит, число шпонок в шве может быть весьма большим.

Прочность одиночных шпонок сборных железобетонных конструкций, образуемых бетоном или раствором замоноличивания, проверяют из условий работы на действие сдвигающих усилий  $Q$  [26]:

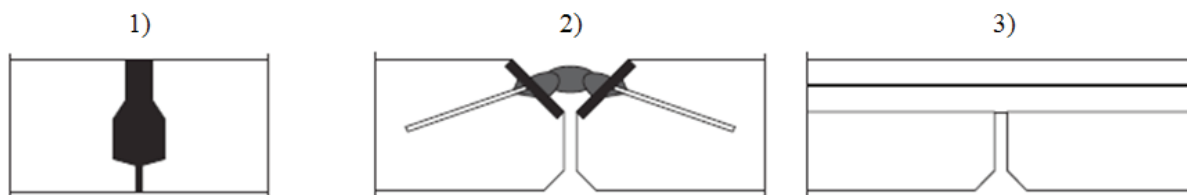


Рисунок 3 – Типы соединений между элементами настилов по EN 1992-1-1: 1) бетонные или растворные; 2) сварные или болтовые; 3) железобетонные



$$t_k > Q/R_{b/k} \text{ или } A_{loc} > Q/R_b; \quad (3)$$

$$h_k > Q/2R_{bt/k} \text{ или } A_{sh} > Q/2R_{bt}; \quad (4)$$

где  $t_k$ ,  $h_k$  и  $l_k$  – глубина, высота и длина шпонки;  $A_{loc}$  и  $A_{sh}$  – площади смятия и среза шпонки;  $R_b$  и  $R_{bt}$  – расчетные сопротивления бетона сжатию и растяжению.

При номинальных размерах шпонок круглопустотных плит  $t_k = 12,2$  мм,  $d = 120$  мм,  $A_{loc} = t_k d$  и  $A_{sh} = 0,785d^2$  расчетная несущая способность одиночной шпонки составляет: на смятие  $Q = 12,4$  кН, на срез  $Q = 17$  кН (класс бетона В15).

По европейским нормам прочность шпоночного бетонного соединения характеризуется сопротивлением срезу по контакту, равному 0,5 сопротивления растяжению. Это соответствует несущей способности типовой шпонки  $Q = 17/4 = 4,25$  кН. По формуле (2) определено условие обеспечения живучести сборных настилов в виде ограничения ширины сборной плиты  $b \leq 4,25 \cdot 3/34 \cdot 0,2 = 1,875$  м.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Живучесть многоэтажных зданий со сборными железобетонными перекрытиями рекомендуется определять в следующей последовательности:

- анализ возможных отказов отдельного элемента и их причин;
- оценка ударного воздействия при падении элемента или его частей на расположенные ниже конструкции;
- принятие мер по обеспечению живучести здания при возможном прогрессирующем обрушении перекрытий.

Шпоночные соединения круглопустотных плит в сборных настилах способны воспринимать аварийные воздействия в результате любых отказов отдельной плиты. Однако бетонные шпонки разрушаются хрупко, а эффективная работа связей, препятствующих прогрессирующему обрушению конструкций, возможна лишь при обеспечении их пластичности. Поэтому соединения элементов сборных железобетонных перекрытий следует проектировать в соответствии с рекомендациями [27].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 25.12.2009. №384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.

2. ГОСТ 27751-2014. Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. – М.: Стандартинформ, 2015. – 14 с. Введен 01.07.2015.

3. Кранцфельд, Я.Л. Об одной разновидности «особых нагрузок» / Я.Л. Кранцфельд. // Строительная механика и расчет сооружений, №4, 2013. – С. 86-87.

4. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия». – М.: Минстрой России, 2017. – 80 с. Введен 04.06.2017.

5. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М.: Издательство АСВ, 2007. – 256 с.

6. Starossek U., Wolff M. Design of collapse-resistant structures [Конструирование структур, устойчивых к обрушению]. JCSS and IABSE workshop on Robustness of structures, building research establishment, Garston, Watford, UK. – 2005.

7. Abrams D.P. Consequence-based engineering approaches for reducing loss in mid-America [Инженерные подходы, основанные на следствии для уменьшения потерь, в Центральной Америке]. Conference on Apr 4, 2002 at Notre-Dame University. – 2002.

8. Ключева, Н.В. Исследование живучести железобетонных рамно-стержневых пространственных конструкций в запредельных состояниях / Н.В. Ключева, А.С. Бухтиярова, С.И. Колчунов // Промышленное и гражданское строительство, №2, 2012. – С. 55-59.

9. Santa Fe Institute. Working definitions of robustness [Рабочее определение надежности]. Rs-2001-009 Edition. – 2001.

10. Райзер, В.Д. К проблеме живучести зданий и сооружений / В.Д. Райзер. // Строительная механика и расчет сооружений, №5, 2012. – С. 77-78.

11. СП 205.1325800.2014. Национальное приложение. EN 1991-1-7:2006. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Случайные воздействия. Введен 17.12.2014.

12. Краснощеков, Ю.В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций / Ю.В. Краснощеков. – Омск: СибАДИ, 1997. – 276 с.

13. Де Бьяджи, В. Повышение живучести сооружения с помощью усложнения конструктивных схем / В. Де Бьяджи. // Вестник ТГАСУ. – 2015, №4. – С. 92-100.

14. Шиянов, С.М. О живучести несущих конструкций сложных технических систем / С.М.

Шиянов, П.В. Шепелина, В.В. Куранцов, А.И. Кормилицин. // Двойные технологии. – 2013, №1 (67). – С. 17-19.

15. Кудишин, Ю.И. К вопросу о живучести строительных конструкций / Ю.И. Кудишин, Д.Ю. Дробот. // Строительная механика и расчет сооружений, №2, 2008. – С. 36-43.

16. Свентиков, А.А. Оценка прогрессирующего разрушения пространственных висячих стержневых покрытий / А.А. Свентиков. // Строительная механика и расчет сооружений, №5, 2010. – С. 34-38.

17. Райзер, В.Д. Теория надежности сооружений / В.Д. Райзер. - М.: Издательство АСВ, 2010. – 384 с.

18. Knoll F., Vogel T. Design for Robustness [Конструирование надежности]. International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich.

19. Starossek U., Haberland M. Robustness of structures [Надежность конструкций]. International Journal of Lifecycle Performance Engineering. 2012. - № 1. – Р. 3-21.

20. Назаров, Ю.П. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях / Ю.П. Назаров, А.С. Городецкий, В.Н. Симбиркин. // Строительная механика и расчет сооружений, №4, 2009. – С. 5-9.

21. Краснощеков, Ю.В. Расчет каркасного здания на прогрессирующее обрушение при аварийном отказе колонны / Ю.В. Краснощеков. // Строительная механика и расчет сооружений, №1, 2017. – С. 54-58.

22. Тихонов, И.Н. Расчет и конструирование железобетонных монолитных перекрытий зданий с учетом защиты от прогрессирующего обрушения / И.Н. Тихонов, М.М. Козелков. // Бетон и железобетон, №3, 2009. – С. 2-8.

23. Беляев, Н.М. Соппротивление материалов / Н.М. Беляев. - М.: Наука, 1965. – 856 с.

24. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 1: Воздействия на сооружения. Стандарты EN 1991-1-1 и 1-3-1-7: пер. с англ. /Х. Гульванесян, П. Формичи, Ж.-А. Калгаро при участии Д. Хардинга. - М.: МГСУ, 2011. – 340 с.

25. Краснощеков, Ю.В. Прочность и надежность шпоночных швов / Ю.В. Краснощеков. // Вестник СибАДИ. – 2015, №3 (43). – С. 46-51.

26. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52.01.2003. – М.: 2013. – 156 с.

27. Рекомендации по защите жилых зданий с несущими кирпичными стенами при чрезвычайных ситуациях. Правительство Москвы – Москомархитектура. – М.: 2002. – 14 с.

## LIVING BUILDINGS WITH STONE REINFORCED CONCRETE FLOORS

Yu. V. Krasnoshchekov

**Abstract.** The article presents the results of the study of the survivability of a multi-storey building in the event of an emergency failure of a load-bearing element of precast reinforced concrete floor. Carrying out of such researches is stipulated by norms of designing with the purpose of maintenance of safety of buildings and constructions and exception of progressive destruction of designs. In the course of the research, the analysis of possible failures of an individual slab of precast flooring was carried out, the impact force of the falling structure on the below-mentioned overlap was taken into account, taking into account the dynamic factor and the possibility of progressive destruction of the building was verified. A concrete case of a failure of a slab is considered as a result of emergency collapse of the cornice part of the external brick wall of a 5-storey residential building. The necessity of reserving the strength of the structure of overlap from hollow-core slabs is revealed. The backup function is performed by interplate connections from concrete keys, which are usually provided to ensure the rigidity of the discs of the floors and the stability of the building under the action of horizontal loads. The load-bearing capacity of typical concrete keys has not been evaluated by the method of Russian design standards under the effect of overlapping the emergency load with the intensity recommended by European standards for the design of buildings and structures. In the conclusions, the expediency of using structural ties of prefabricated ceilings with the purpose of excluding the progressive collapse of multi-storey buildings was noted.

**Key words:** building safety, emergency load, progressive collapse, prefabricated reinforced concrete structures, interlace keyways.

## REFERENCES

1. Federalnyy zakon ot 25.12.2009. № 384-F3. *Technicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy I soorugenij*. [The Federal Law of 25.12.2009. № 384-F3. Technical regulations on the safety of buildings and structures].
2. GOST 27751-2014. *Megdunarodnyy standart. Nadeznost stroitelnykh konstrukzij i osnovanij. Osnovnye pologeniya po raschetu*. [Inter-state standard. Reliability of building structures and foundations. Basic provisions for the calculation]. Moscow, Standartinform, 2015. 14 p.
3. Kranzfeld Ya.L. Ob odnoj raznovidnosti «osobych nagruzok» [On one variety of “special loads”]. *Stroitel'naja mehanika I raschet soorugenij*, 2013, no 4, pp. 86-87.
4. SP 20.13330.2016 “SNIP 2.01.07-85\*. *Nagruzki I vosdejstviya*”. [SNIP 2.01.07-85\*. Loads and effects]. Moscow, Minshtroy Rosii, 2017. 80 p.
5. Perelmuter A.V. *Izbrannye problem nadeznosti I bezopasnosti stroitelnykh konstrukzij* [Selected problems of reliability and safety of building structures]. Moscow. Izdatelstvo ASV, 2007. 256 p.
6. Starossek U., Wolff M. Design of collapse-resistant structures. JCSS and IABSE workshop on Robustness of structures, building research establishment, Garston, Watford, UK. 2005.
7. Abrams D.P. *Consequence-based engineering approaches for reducing loss in mid-America*. Conference on Apr 4, 2002 at Notre-Dame University. 2002.
8. Klyueva N.V., Bukhtiyarova A.S., Kolchunov S.I. *Issledovanie givuchesti gelezobetonnykh ramno-stergnevykh prostranstvennykh konstrukzij v zapredelnykh sostojaniyakh* [Investigation of the survivability of reinforced concrete frame-rod spatial structures in extraneous states]. *Promyshlennoe I gragdanskoje stroitel'stvo*, 2012, no 2, pp. 55-59.
9. Santa Fe Institute. Working definitions of robustness. Rs-2001-009 Edition. 2001.
10. Raiser V.D. K problem givuchesti zdaniy I [To the problem of survivability of buildings and structures], *Stroitel'naja mehanika I raschet soorugenij*. 2012, no 5, pp. 77-78.
11. SP 205.1325800.2014. *Nazionalnoe prilozhenie. EN 1991-1-7:2006. Evrocod 1. Vozdejstviya na stroitelnye konstrukzii. Chast 1-7. Obshchie vozdejstviya. Sluchajnye vozdejstviya* [National Annex. EN 1991-1-7: 2006. Eurocode 1. Effects on building structures. Part 1-7. General effects. Accidental effects].
12. Krasnoshchekov Yu.V. *Nauchnye osnovy issledovaniy vzaimodejstviya elementov gelezobetonnykh konstrukzij* [Scientific foundations of research on the interaction of elements of reinforced concrete structures]. Omsk. SibADI, 1997. 276 p.
13. De Biaggi B. *Povyshenie givuchesti soorugenija s pomoshchju uslogneniya konstruktivnykh schem* [Improving the survivability of a structure by complicating constructive schemes]. *Vestnik TGASU*. 2015, no 4, pp. 92-100.
14. Shiyanov S.M. Shepelina P.V., Kurantsov V.V., Kormilitsin A.I. O givuchesti nesushchikh konstrukzij slognykh technicheskikh system [On the survivability of load-bearing structures of complex technical systems]. *Dvojnnyy technologii*. 2013, no. 1 (67), pp. 17-19.
15. Kudishin Yu.I., Drobot. D.Yu. K voprosu o givuchesti stroitelnykh konstrukzij [To the question of the survivability of building structures]. *Stroitel'naja mehanika I raschet soorugenij*. 2008, no 2, pp. 36-43.
16. Sventikov A.A. *Ozenka progressirujushchego razrusheniya prostranstvennykh visjachih stergnevykh pokrytij* [Estimation of the progressive destruction of the spatial hanging pivot coatings]. *Stroitel'naja mehanika I raschet soorugenij*. 2010, no 5, pp. 34-38.
17. Raiser V.D. *Teorija nadeznosti soorugenij* [Theory of the reliability of structures]. Moscow. Izdatelstvo ASV, 2010. 384 p.
18. Knoll F., Vogel T. *Design for Robustness*. International Association for Bridge and Structural Engineering Zurich.
19. Starossek U., Haberland M. *Robustness of structures*. International Journal of Lifecycle Performance Engineering. 2012, № 1, pp. 3-21.
20. Nazarov Yu.P., Gorodetsky A.S., Simbirkin V.N. K problem obespecheniya givuchesti stroitelnykh konstrukzij pri avarijnykh vozdejstviyakh [To the problem of ensuring the survivability of building structures during emergency]. *Stroitel'naja mehanika I raschet soorugenij*. 2009, no 4, pp. 5-9.
21. Krasnoshchekov Yu.V. *Raschet karkasnogo zdaniya na progressirujushchee obrushenie pri avarijnom otkaze kolonny* [Calculation of a frame building for a progressive collapse in case of emergency failure of a column]. *Stroitel'naja mehanika I raschet soorugenij*. 2017, no 1, pp. 54-58.
22. Tikhonov I.N., Kozelkov M.M. *Raschet I konstruirovaniye gelezobetonnykh monolitnykh perekrytij zdaniy s uchedom zashchity ot progressirujushchego obrusheniya* [Calculation and construction of reinforced concrete monolithic ceilings of buildings taking into account protection against progressive collapse]. *Beton i gelesobeton*, 2009, no 3, pp. 2-8.

23. Belyaev N.M. Soprotivlenie materialov [Resistance of materials]. Moscow. Nauka, 1965. 856 p.

24. Gulvanesyan Ch., Formici P., Kalgaro J.-A., Harding D. Rukovodstvo dlja proektirovshchikov k Evrokodu 1 [Guidance for designers to Eurocode 1: Impacts on structures. Standards EN 1991-1-1 and 1-3-1-7] Moscow. MGSU, 2011. 340 p.

25. Krasnoshchekov Yu.V. Prochnost i nadezhnost shponochnykh chvov [Durability and reliability of keyways]. *Vestnik SibADI*, 2015, no. 3 (43). pp. 46-51.

26. SP 63.13330.2012. Betonnye i gelezobetonnnye konstrukcii. Osnovnye pologenija. Aktualizirovannaja redakcija SNIIP 52.01.2003 [Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. Updated version of SNIIP 52.01.2003]. Moscow. 2013. 156 p.

27. Rekomendazii po zashchite zdaniy s nesushchimi kirpichnymi stenami pri chrezvychajnykh situacijach [Recommendations for the protection of residential buildings with load-bearing brick walls in emergency situations]. Moscow. Moscomarchitectura. 2002. 14 p.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Краснощекоев Юрий Васильевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).*

*Yuri V. Krasnoshchekov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of building structures, Omsk «SibADI». (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: uv1942@mail.ru).*

УДК 697.92: 628.83

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ УДАЛЕНИЕМ ВОЗДУХА

*М. А. Кривошеин  
ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые аспекты прогнозирования работы систем вентиляции жилых многоквартирных зданий с децентрализованным механическим удалением воздуха и естественным притоком. Представлены физическая и математическая модели системы вентиляции жилого многоквартирного здания с децентрализованным механическим удалением воздуха и алгоритм расчета подобных систем. Приведены результаты расчетов системы вентиляции двухкомнатной квартиры верхнего этажа многоквартирного жилого дома и системы вентиляции десятиэтажного жилого дома с децентрализованным механическим удалением воздуха.

**Ключевые слова:** вентиляция, аэродинамический расчет, децентрализованное удаление воздуха, приточные клапаны

### ВВЕДЕНИЕ

Системы вентиляции зданий, в вытяжных каналах которых устанавливаются индивидуальные вентиляторы, принято называть системами вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха [1] (по терминологии АВОК - системы механической вытяжной вентиляции с индивидуальными вентиляторами [2]).

Аэродинамический расчет подобных систем, как правило, заключается в подборе вентиляторов по требуемому расходу воздуха и потерям давления в сети [2]. При этом все вентиляторы принимаются с одинаковыми характеристиками, а сопротивление приточных устройств (если оно учитывается) – считается постоянным во времени.

Однако на практике режим работы подобных систем вентиляции существенно отлича-



ется от проектного. В частности, включение и выключение индивидуальных вентиляторов осуществляется по потребностям отдельных пользователей, характеристики вентиляторов различных квартир могут существенно отличаться от проектных, сопротивление на притоке изменяется при регулировании (открытии-закрытии) приточных устройств, не говоря уже об открытии форточек или створок окон. Как следствие – несоответствие фактических расходов на отдельных участках сети проектным значениям, перетекание воздуха между квартирами различных этажей, ухудшение работы системы вентиляции в целом.

Цель данной статьи – рассмотрение задачи расчета систем вентиляции с децентрализованным удалением воздуха, анализ ряда закономерностей распределения расходов воздуха в сети вентканалов при различных режимах работы индивидуальных вентиляторов и изменения характеристик отдельных элементов системы на стадии эксплуатации.

#### **ФИЗИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

В общем случае постановка задачи может быть сформулирована следующим образом. Система вентиляции жилого многоквартирного здания включает сеть вытяжных вентиляционных каналов, в которые встроены индивидуальные вентиляторы с известными характеристиками, приточные вентиляционные устройства, предназначенные для регулируемого притока воздуха, ограждающие конструкции (окна, двери, наружные и внутренние стены) с определенной воздухопроницаемостью.

Воздухообмен помещений осуществляется в результате притока воздуха через приточные клапаны и неплотности ограждающих конструкций, удаление воздуха – через вытяжные вентиляционные каналы. Перетекание воздуха между отдельными помещениями (квартирами) является частным случаем и определяется конструктивным решением вентиляционных каналов, характеристиками применяемых вентиляторов, воздухопроницаемостью ограждающих конструкций (стены, окна, входные двери и т.п.).

Принципиальная схема систем вентиляции, характеризующая общую постановку задачи, представлена на рис. 1.

Сложность задачи заключается в необходимости учета возможного изменения отдельных параметров сети в процессе эксплуатации, как внешних, например, температуры наружного

воздуха, скорости и направления ветра, так и внутренних – закрытия (открытия) приточных клапанов, створок оконных блоков, включения или выключения отдельных вытяжных вентиляторов с учетом изменения их эксплуатационных характеристик.

В качестве допущений принято, что сеть воздуховодов герметична, температуры воздуха внутри здания и снаружи постоянны, аэродинамическое сопротивление ограждающих конструкций внутри квартиры (межкомнатные перегородки, двери) равно нулю.

Решение задачи рассмотрено на основе теории гидравлических цепей с учетом известных подходов [3,4].

Отдельные помещения рассматриваются в виде узлов (блоков), соединенных между собой связями, характеризующими сопротивление ограждающих конструкций, вентиляционных каналов, приточных или вытяжных решеток, клапанов и др. элементов системы вентиляции. К узлам, под воздействием перепада давлений, подходит и уходит определенное количество воздуха. При этом воздушный баланс каждого из узлов остается нулевым (количество поступившего воздуха равно ушедшему).

Узлами сети в данном случае являются отдельные квартиры, а также точки слияния и деления потоков воздушной среды. Окружающая среда принимается в качестве мнимого узла.

Движение воздуха по рассматриваемой сети описывается уравнениями вида [5, 6]

$$P_k - P_m = s_i \cdot G_i^b, \quad (1)$$

где  $P_k, P_m$  – давление в отдельных помещениях (узлах), Па;  $G_i$  – расход воздуха по  $i$ -му участку сети между узлами  $k$  и  $m$ , кг/ч;  $s_i$  – характеристика сопротивления  $i$ -ого участка сети, Па·(ч/кг) <sup>$b$</sup> ;  $b$  – показатель фильтрации.

Если конструкция непосредственно граничит с наружным воздухом, то в уравнении (1) фигурирует давление наружного воздуха на уровне данной конструкции  $P_{ext,i}$  и давление в рассчитываемом помещении  $P_{m,i}$

$$P_{ext,i} - P_m = s_i \cdot G_i^b. \quad (2)$$

Для участков сети, включающих вентилятор

$$P_k - P_m + P_{вент} = s_i \cdot G_i^b, \quad (3)$$

где  $P_{вент}$  – давление (напор), создаваемый вен-



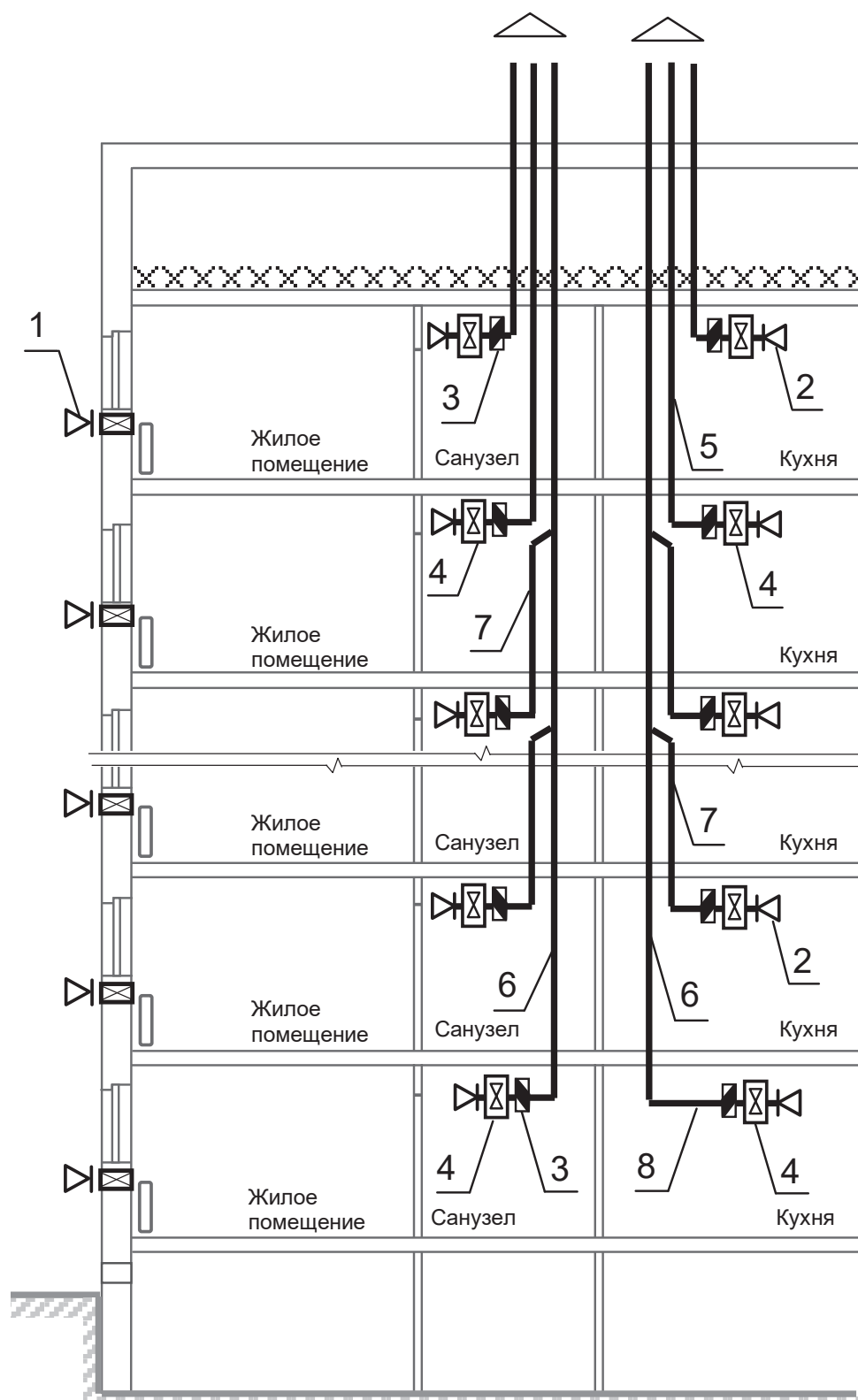


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы вентиляции жилых зданий с децентрализованным механическим удалением воздуха посредством индивидуальных вытяжных вентиляторов:

1 – приточное вентиляционное устройство; 2 – вытяжная вентиляционная решетка;  
3 – обратный клапан; 4 – вытяжной вентилятор; 5 – вертикальный вентиляционный канал;  
6 – сборный вентиляционный канал; 7 – канал-спутник;  
8 – горизонтальный вентиляционный канал (воздуховод)

тилятором, Па, определяемый по результатам испытаний.

Число уравнений типа (1) – (3) определяется по расчетной схеме системы вентиляции здания и равно общему количеству связей, сходящихся в узлах [3, 4].

Характеристики сопротивлений вентиляционных каналов, решеток, приточных клапанов, окон, дверей и др. элементов принимаются по справочным данным или результатам испытаний [1, 7–9].

Для аппроксимации зависимостей «давление – расход воздуха» приточных или вытяжных устройств, окон и др. предложены формулы на основе известного алгебраического многочлена [3]

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n (s_i \cdot G^i) \quad (4)$$

Для вентиляторов выражение (4) предложено записывать в виде

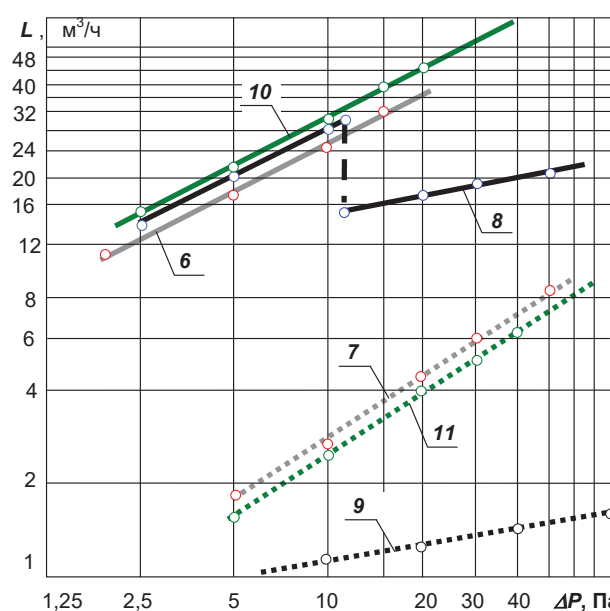
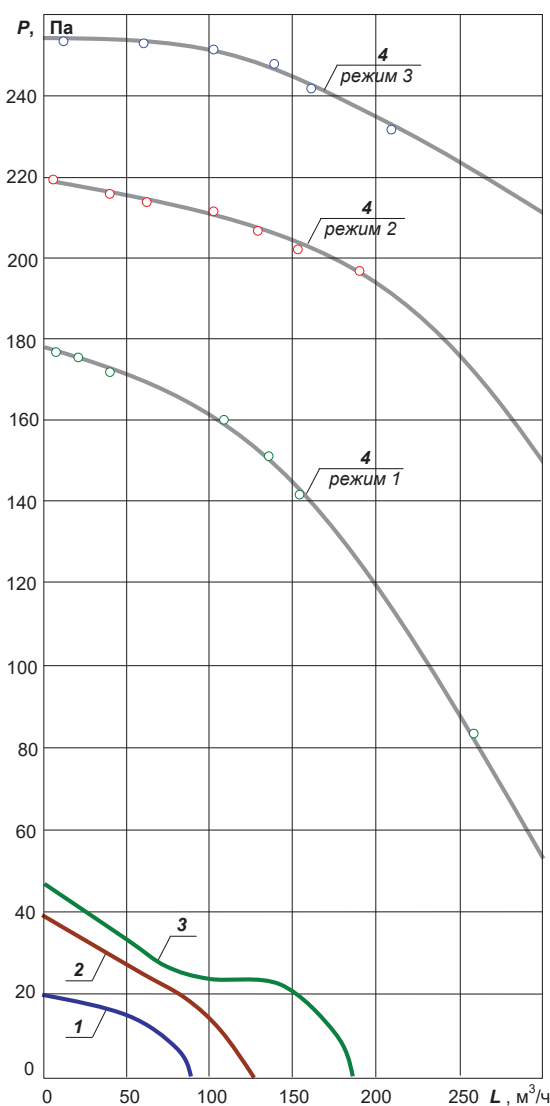


Рисунок 2 – Характеристики некоторых вытяжных вентиляторов (а) и приточных устройств (б):  
1 – вентилятор BF 100 (Systemair);  
2 – вентилятор ВЕНТС 100 Турбо (ВЕНТС);  
3 – вентилятор MF 120/5" (Vortice);  
4 – вентилятор MF 150/6" (Vortice);  
5 – кухонная вытяжка «Shindo domestic» при различных режимах работы вытяжного вентилятора;  
6 – оконный клапан ЕММ 3-30 «Аересо»;  
7 – то же в закрытом состоянии;  
8 – стеновой клапан СВК В-75;  
9 – то же в закрытом состоянии;  
10 – стеновой клапан КИВ-125;  
11 – то же в закрытом состоянии

$$P_e = s_o + \sum_{i=0}^n (s_i \cdot G^i), \quad (5)$$

где  $s_o$  – нулевой коэффициент, соответствующий давлению вентилятора при нулевом расходе.

Следует отметить, что характеристики вентиляторов, установленных в одной сети, могут существенно отличаться друг от друга, особенно заметно отличие в характеристиках бытовых вентиляторов и кухонных вытяжек.

В качестве примера на рис. 2 приведены результаты испытаний индивидуальных вентиляторов и кухонных вытяжек некоторых производителей, а также результаты испытаний некоторых приточных клапанов).

Математическая модель воздушного режима здания, в конечном счете, сводится к системе нелинейных уравнений, составленных по пространственной расчетной схеме системы вентиляции.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Составление системы уравнений осуществляется на основе графа системы вентиляции с указанием ветвей, узлов, расположения источников давления (вентиляторов) и предварительным заданием направления движения воздуха.

После создания графа геометрические свойства схемы соединений графа выражаются в виде системы уравнений, связывающих матрицы: инцидентий ( $A$ ), циклов ( $B$ ), расходов ( $G$ ), сопротивлений ( $S$ ), источников давления ( $P$ ) [3,4]:

$$\left. \begin{array}{l} A \cdot G = 0; \\ B \cdot s = B \cdot P. \end{array} \right\} \quad (6)$$

Матрица инцидентий  $A$  представляет собой связь ребер (участков) и вершин (узлов) графа:

| Вершины j | Ребра i |   |     |   |
|-----------|---------|---|-----|---|
|           | 1       | 2 | ... | p |
| 1         | A       |   |     |   |
| 2         |         |   |     |   |
| ...       |         |   |     |   |
| g-1       |         |   |     |   |

Матрица циклов  $B$  представляет собой связь ребер (участков) и циклов графа:

| Циклы c       | Ребра i |   |     |   |
|---------------|---------|---|-----|---|
|               | 1       | 2 | ... | p |
| 1             | B       |   |     |   |
| 2             |         |   |     |   |
| ...           |         |   |     |   |
| k = p - g + 1 |         |   |     |   |

Матрицы расходов  $G$  и действующих давлений  $P$  имеют одностолбцовый вид:

$$G = \begin{array}{|c|} \hline G_1 \\ \hline G_1 \\ \hline \dots \\ \hline G_n \\ \hline \end{array} \quad P = \begin{array}{|c|} \hline P_1 \\ \hline P_2 \\ \hline \dots \\ \hline P_n \\ \hline \end{array}$$

Матрица сопротивлений  $s$  имеет диагональный вид и выглядит следующим образом:

$$s = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \sum(s_{1,i} \cdot G_{1,i}^i) & & & \\ \hline & \sum(s_{2,i} \cdot G_{2,i}^i) & & \\ \hline & & \dots & \\ \hline & & & \sum(s_{n,i} \cdot G_{n,i}^i) \\ \hline \end{array}$$

В качестве примера на рис.3 приведена схема простейшей системы вентиляции, квартиры, расположенной на верхнем этаже многоэтажного здания и её расчетный граф. Приток воздуха осуществляется через два приточных клапана, расположенных в противоположных стенах квартиры, удаление воздуха через два вытяжных канала, расположенных в кухне и санузле, оснащенных индивидуальными вентиляторами.

Система уравнений на основе графа, приведенного на рис. 3, будет иметь вид:

$$\left. \begin{array}{l} G_1 + G_2 - G_3 - G_4 = 0 \\ \sum(s_{1,i} \cdot G_{1,i}^i) + \sum(s_{3,i} \cdot G_{3,i}^i) = P_3; \\ \sum(s_{2,i} \cdot G_{2,i}^i) + \sum(s_{4,i} \cdot G_{4,i}^i) = P_4; \\ \sum(s_{1,i} \cdot G_{1,i}^i) + \sum(s_{4,i} \cdot G_{4,i}^i) = P_4; \\ \sum(s_{2,i} \cdot G_{2,i}^i) + \sum(s_{3,i} \cdot G_{3,i}^i) = P_3; \end{array} \right\} \quad (4)$$

Результаты расчета системы вентиляции, представленной на рис. 3, приведены для некоторых частных случаев в таблице 1.

Алгоритм реализации изложенного подхода применительно к системам вентиляции жилых многоквартирных зданий с учетом ветровых и тепловых перепадов давлений, переменных характеристик сопротивлений отдельных элементов приведен на рис.4.

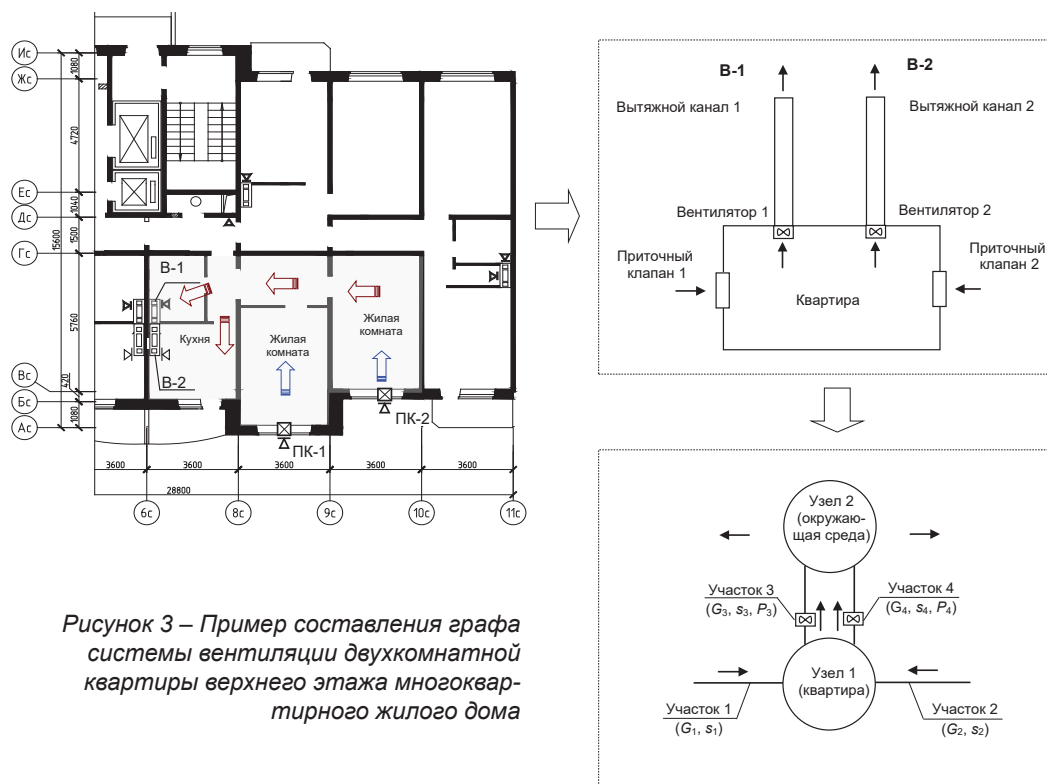


Рисунок 3 – Пример составления графа системы вентиляции двухкомнатной квартиры верхнего этажа многоквартирного жилого дома

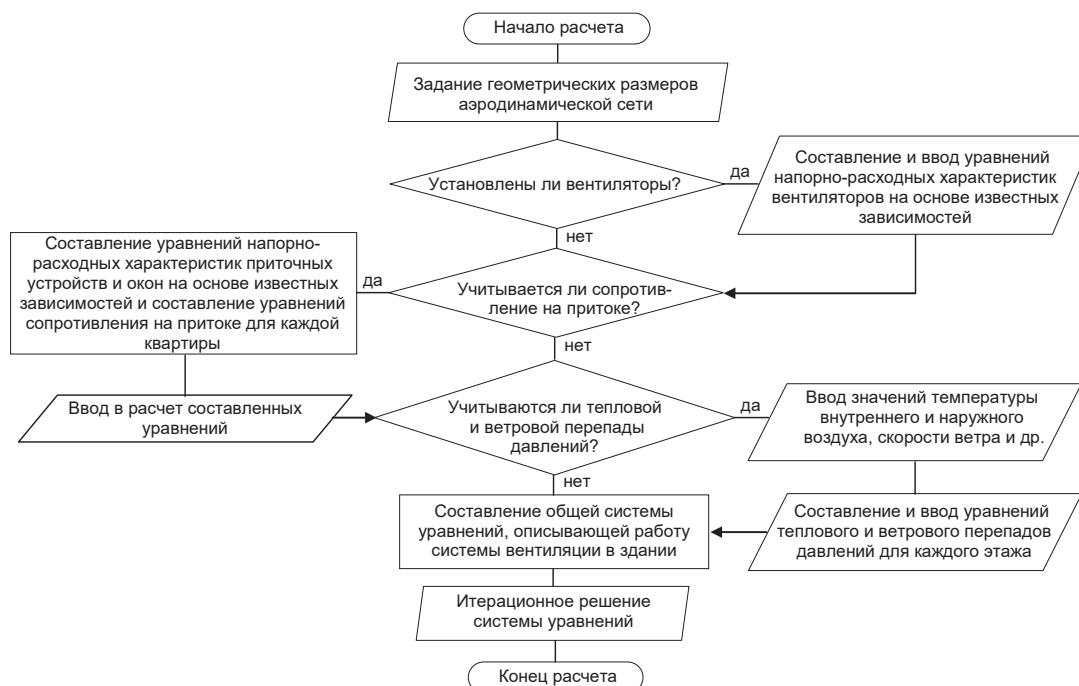


Рисунок 4 – Алгоритм расчета систем вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ДВУХКОМНАТНОЙ КВАРТИРЫ  
ВЕРХНЕГО ЭТАЖА МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА\*

| Температура<br>наружного воз-<br>духа, °C                                                      | Расход воздуха через<br>вытяжные каналы, м³/ч |        | Расход воздуха через<br>приточные клапаны, м³/ч |       | Примечания                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|
|                                                                                                | В-1                                           | В-2    | ПК-1                                            | ПК-2  |                                                 |
| Приточные клапаны*** закрыты , вентиляторы **** В-1, В-2 выключены                             |                                               |        |                                                 |       |                                                 |
| +5                                                                                             | –1,6                                          | –1,6   | 1,6                                             | 1,6   | Требуемый возду-<br>хообмен** не обе-<br>спечен |
| -10                                                                                            | –2,6                                          | –2,6   | 2,6                                             | 2,6   |                                                 |
| -20                                                                                            | –3,2                                          | –3,2   | 3,2                                             | 3,2   |                                                 |
| Приточные клапаны открыты , вентиляторы В-1, В-2 выключены                                     |                                               |        |                                                 |       |                                                 |
| +5                                                                                             | –15,3                                         | –15,3  | +15,3                                           | +15,3 | Требуемый возду-<br>хообмен** не обе-<br>спечен |
| -10                                                                                            | –22,7                                         | –22,7  | +22,7                                           | +22,7 |                                                 |
| -20                                                                                            | –26,9                                         | –26,9  | +26,9                                           | +26,9 |                                                 |
| Приточные клапаны открыты, вентиляторы В-1, В-2 включены                                       |                                               |        |                                                 |       |                                                 |
| +5                                                                                             | –56,5                                         | –56,5  | +56,5                                           | +56,5 | Требуемый воздухо-<br>обмен обеспечен           |
| -10                                                                                            | –58,4                                         | –58,4  | +58,4                                           | +58,4 |                                                 |
| -20                                                                                            | –59,9                                         | –59,9  | +59,9                                           | +59,9 |                                                 |
| Приточные клапаны открыты, вентилятор В-1 включен, вентилятор В-2 выключен                     |                                               |        |                                                 |       |                                                 |
| +5                                                                                             | –220,4                                        | +162,6 | +28,9                                           | +28,9 | Вытяжной канал В-2<br>работает на приток        |
| -10                                                                                            | –221,5                                        | +156,0 | +32,8                                           | +32,8 |                                                 |
| -20                                                                                            | –222,2                                        | +151,6 | +35,3                                           | +35,3 |                                                 |
| Приточные клапаны открыты, вентилятор В-1 включен,<br>к каналу В-2 подключена кухонная вытяжка |                                               |        |                                                 |       |                                                 |
| +5                                                                                             | +83,2                                         | –230,9 | +73,9                                           | +73,9 | Вытяжной канал В-2<br>работает на приток        |
| -10                                                                                            | +82,2                                         | –232,3 | +75,9                                           | +75,9 |                                                 |
|                                                                                                |                                               |        |                                                 |       |                                                 |
| -20                                                                                            | +81,5                                         | –233,3 | +75,9                                           | +75,9 |                                                 |

\* Схематичный план квартиры приведен на рис. 3. \*\* Требуемый воздухообмен принят равным 110 м³/ч по [2]. \*\*\* Расчеты выполнены для приточных клапанов ЕММ 3-30 «Aereco»; при проведении расчетов клапаны принимались полностью открытыми. \*\*\*\* Характеристики вентиляторов принимались по справочным данным VENTS ВКО-125 турбо.

Решение системы уравнений получено методом обобщенного приведенного градиента с использованием программы Microsoft office Excel. Критериями решения являются допустимые невязки расходов воздуха, подходящих и уходящих от узлов и Критерии сходимости: расходы воздуха, подходящие и уходящие от узлов (допустимая невязка – 0,1 м³/ч) и давления, создаваемые и теряемые в каждом независимом контуре графа (допустимая невязка – 0,1 Па).

Результаты расчетов показывают, что воздухообмен квартиры существенно зависит от характеристик применяемых вентиляторов

и приточных устройств; выключение одного из вентиляторов приводит к опрокидыванию направления движения воздуха. Если к одному из каналов подключена кухонная вытяжка (см. рис. 2), то опрокидывание второго канала может происходить и при включенном осевом вентиляторе.

Более сложным является расчет систем вентиляции многоэтажных жилых зданий, который требует решения десятков уравнений, учета изменения коэффициентов местных сопротивлений тройников, учета возможных различий в характеристиках вентиляторов и др.



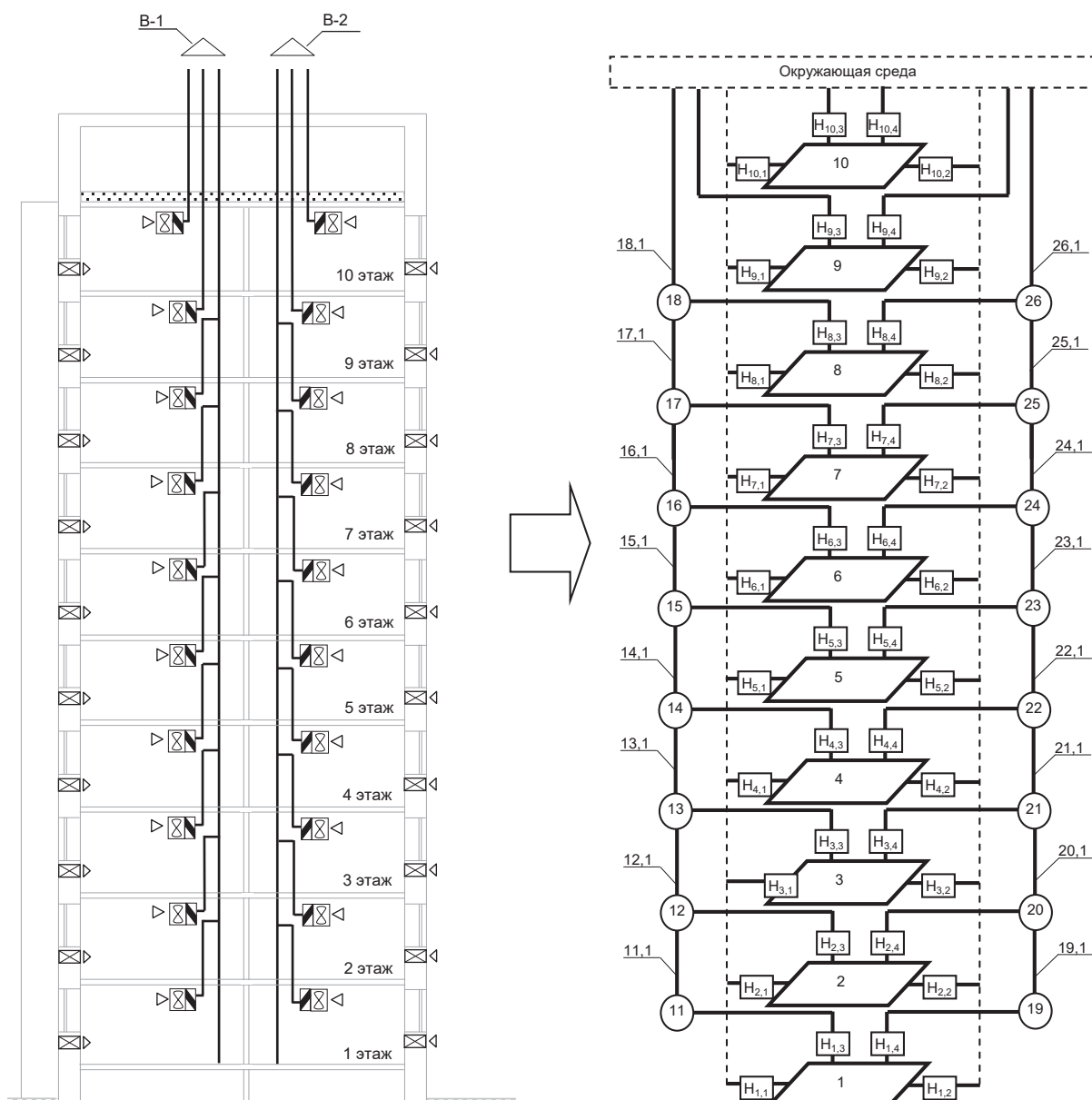


Рисунок 5 – Расчетная схема и граф системы вентиляции десятиэтажного жилого дома с децентрализованным механическим удалением воздуха

В качестве примера на рис. 5 приведена расчетная схема и граф системы вентиляции квартир с двумя вытяжными каналами и приточными клапанами 10-тиэтажного жилого дома.

Анализ результатов расчетов, выполненных для ряда многоэтажных зданий с различными вариантами компоновки вытяжных вентиляционных каналов при варьировании режимов работы индивидуальных вентиляторов и изменении характеристик отдельных элементов системы на стадии эксплуатации, позволил отметить некоторые закономерности и сделать ряд выводов. В частности:

- системы вентиляции с естественным побуждением движения воздуха не обеспечивают требуемого воздухообмена в квартирах многоэтажных зданий с приточными вентиляционными устройствами; одна из основных причин – достаточно большое аэродинамическое сопротивление приточных устройств;
- установка вентиляторов в вытяжных каналах увеличивает воздухообмен, однако не все индивидуальные вентиляторы позволяют добиться требуемого воздухообмена; необходима увязка характеристик вентиляторов с потерями давления в вытяжных вентиляционных каналах;

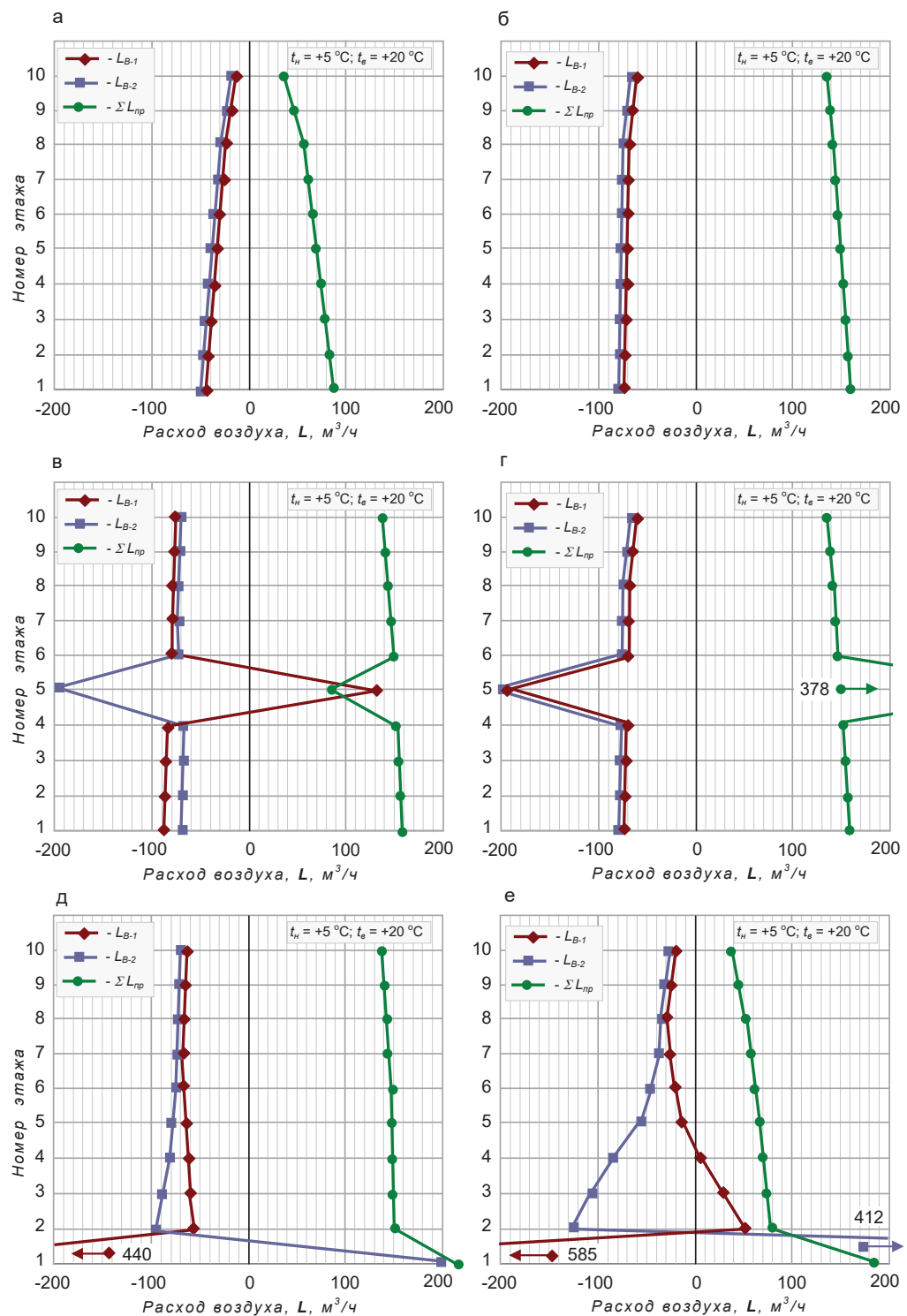


Рисунок 6 – Результаты расчета системы вентиляции жилого дома с децентрализованным механическим удалением воздуха: а – вентиляторы выключены, приточные клапаны открыты; б – вентиляторы включены, приточные клапаны открыты; в – на 5-м этаже выключен вентилятор В-1, все остальные вентиляторы включены, приточные клапаны открыты; г – вентиляторы на всех этажах включены, приточные клапаны открыты, на 5-м этаже открыто окно; д – вентиляторы на всех этажах включены, приточные клапаны открыты, на первом этаже к каналу В-1 подключена кухонная вытяжка; е – вентиляторы на всех этажах выключены, на первом этаже к каналу В-1 подключена кухонная вытяжка

- изменение проектного режима работы системы вентиляции, в частности выключение или изменение характеристик отдельных вентиляторов (например, подключение к вентканалам кухонных вытяжек) может кардинально изменить режим работы системы вентиляции как непосредственно в отдельной квартире, так и других квартирах, подключенных через каналы-спутники к одному сборному каналу; например, выключение одного из вентиляторов (см. рис.6 в), может привести к «опрокидыванию» направления движения воздуха в этом канале и поступлению в квартиру грязного воздуха из сборного канала;

- при подключении к вытяжным каналам кухонных вытяжек, возможно перетекание воздуха в квартиры других этажей вследствие создания подпора в сборном канале (см. рис.6 г); при этом второй вентиляционный канал данной квартиры (например, расположенный в санузле) может быть «опрокинут» даже при работающем вентиляторе (см. рис. 6 д);

- открытие створки окна в подобных системах приводит к резкому (в разы) увеличению воздухообмена данной квартиры и снижению расхода удаляемого воздуха из других квартир.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Системы вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха в состоянии обеспечить требуемый воздухообмен жилых многоквартирных зданий, как в холодный, так и теплый периоды года.

Устойчивость и надежность работы данных систем в значительной мере зависят от ряда эксплуатационных факторов и типа применяемых вентиляторов. В частности, подключения к вытяжным каналам кухонных вытяжек, наличия и аэродинамических характеристик приточных устройств, открытия створок оконных блоков, одновременности включения вентиляторов в разных квартирах и т.п.

Для повышения эксплуатационной устойчивости систем вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха представляется целесообразным:

- при проектировании систем вентиляции – тщательная увязка характеристик вентиляторов с характеристиками приточных устройств и вентиляционных каналов;
- ограничение (по мере возможности) на-

порно-расходных характеристик применяемых кухонных вытяжек;

- обязательная установка обратных клапанов в каждом вентиляционном канале с целью исключения случаев опрокидывания систем вентиляции;

- установка в вентканалах квартир специальных (балансировочных) клапанов, ограничивающих расход воздуха при увеличении перепада давлений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СТО СРО НП СПАС-05-2013. Энергосбережение в зданиях. Расчет и проектирование систем вентиляции жилых многоквартирных зданий. – Омск, 2014. – 76 с.

2. Р НП «АВОК» 5.2-2012. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий. – М, 2012. – 46 с.

3. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука, 1985. – 294 с.

4. Гинзбург Э.Я. Расчет отопительно-вентиляционных систем с помощью ЭВМ. – М., Стройиздат, 1979. – 182 с.

5. Китайцева Е.Х. Обобщенные методы расчета воздушного режима здания и факторов, влияющих на качество внутреннего воздуха : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.23.03 / Е.Х. Китайцева ; научн. рук. проф. В. Н. Богословский ; МГСУ. – Москва, 1995. – 18 с.

6. Бирюков С. В. Разработка метода определения нормы потребления тепловой энергии системами отопления и вентиляции общественных зданий (на примере учебных корпусов ВУЗов): дис... канд. техн. наук : 05.23.03 / С. В. Бирюков ; научн. рук. доц. Е. Г. Малявина ; МГСУ. – Москва, 2002. – 198 с.

7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

8. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. В 2 т. Т. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Р. В. Щекин [и др.]. – Киев : Будивельник, 1976. – 352 с.

9. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. И. Г. Старовойтова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1977. – 502 с.

## FORECASTING THE WORK OF VENTILATION SYSTEMS OF RESIDENTIAL MULTI-APARTMENT BUILDINGS WITH DECENTRALIZED MECHANICAL AIR DELIVERY

M. A. Krivoshein

**Annotation.** In the article some aspects of forecasting the operation of the ventilation systems of residential multi-apartment buildings with decentralized mechanical air removal and natural inflow are considered. The physical and mathematical models of the ventilation system of a residential multi-apartment building with decentralized mechanical air removal and an algorithm for calculating such systems are presented. The results of the calculations of the ventilation system of a two-room apartment on the upper floor of a multi-apartment apartment house and ventilation system of a ten-story apartment building with decentralized mechanical air removal are given.

**Keywords:** ventilation, aerodynamic calculation, decentralized air removal, air inlets.

### REFERENCES

1. STO SRO NP SPAS-05-2013. Energobezopasnost' v zdaniyah. Raschet i proektirovanie sistem ventiljacii zhilyh mnogokvartirnyh zdaniy, 2014, Omsk, 76 p.
2. R NP «AVOK» 5.2-2012. Tehnicheskie rekomendacii po organizacii vozduhoobmena v kvartirah zhilyh zdaniy, 2012, Moscow, 46 p.
3. Merenkov A.P., Hasilev V.J. Teorija gidravlicheskih cepej, 1985, Moscow, 294 p.
4. Ginzburg J.J. Raschet otopitel'no-ventiljacionnyh sistem s pomoshhju JeVM, 1979, Moscow, 182 p.
5. Kitajceva E.H. Obobshhennye metody rascheta vozdušnogo rezhima zdaniya i faktorov, vlijajushhih na kachestvo vnutrennego vozduha, 1995, Moscow, 18 p.
6. Birjukov S. V. Razrabotka metoda opredelenija normy potreblenija teplovoj jenerгии sistemami otoplenija i ventiljacii obshhestvennyh zdaniy (na

primere uchebnyh korpusov VUZov), 2002, Moscow, 2002, 198 p.

7. Idelchik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam, 1992, Moscow, 672 p.

8. Shhekin R. V. Spravochnik po teplosnabzheniju i ventiljacii, 1976, Kyiv, 352 p.

9. Staroverov I. G. Spravochnik proektirovshhika. Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva, 1977, Moscow, 502 p.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кривошеин Михаил Александрович (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Теплоэнергетика» ОмГТУ. (644080 г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: – 22kma@mail.ru).

Mikhail A. Krivoshein (Omsk, Russia) – graduate student of the chair «Теплоэнергетика» OmSTU. (644080, Omsk, pr. Mira, 11, e-mail: – 22kma@mail.ru).

УДК 721.011.12

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

М.В. Максимова, О.Г. Немцева  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные характеристики жаркого сухого и влажного климата, конструктивные решения зданий и сооружений в данных климатических условиях. Приведены примеры солнцезащитных устройств, используемых для защиты зданий и сооружений от солнечной радиации. Анализируются причины возникновения температурных деформаций и принципы устройства температурных швов. Уделяется внимание основным способам борьбы с термитами, а также противогнилостной обработке древесины в условиях жаркого влажного климата.

**Ключевые слова:** жаркий влажный климат, жаркий сухой климат, конструктивные решения, солнцезащита, конструкции зданий.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Климат оказывает влияние не только на человека, но и на конструкции зданий и сооружений, так как они находятся в непосредственном контакте с окружающей средой. Поэтому проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений в особых климатических условиях имеют ряд специфических черт и должны вестись с учетом определенных правил и положений.

К особым климатическим условиям относятся районы жаркого климата, которые характеризуются среднегодовыми температурами равными или выше 20°C [9]. Данный тип климата распространен более, чем на 50% поверхности земного шара, что обуславливает актуальность исследуемого вопроса.

В разных районах зоны жаркого климата могут быть многообразны из-за множественного характера факторов, определяющих погодные условия и их сочетания. Однако в этом многообразии можно выделить два основных типа, жаркого климата, существенно отличающихся по влажностному режиму: жаркий сухой и жаркий влажный.

Цель данной работы – определить особенности конструктивного решения зданий и сооружений в условиях жаркого климата. Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ климатических особенностей жаркого сухого и влажного климата, особенностей конструктивного решения зданий и сооружений в данных климатических условиях.

Жаркий сухой климат представлен на большей части Австралии, на Аравийском полуострове, в северной и южной частях Африки, на юге Южной Америки, в странах Ближнего Востока и др. Жаркий сухой климат в России встречается на Кавказе (Краснодарский край), в Крыму, на побережье Азовского моря, на Прикаспийской низменности (Астраханская область).

## **ОСОБЕННОСТИ ЖАРКОГО СУХОГО КЛИМАТА**

Районы с данным типом климата отличаются продолжительным жарким летом [1] (более 100 дней в году), температурой 27-45°C и влажностью менее 15-55% (в летний период не превышает 20%), большими перепадами температуры в течение суток (днем и ночью),

значительной интенсивностью солнечной радиации, наличием суховеев [8]. Осадки нерегулярны и выпадают преимущественно в течение нескольких недель, их количество варьируется от 50 до 250 мм.

Жаркий влажный климат встречается в северной и средней частях Южной Америки, на юго-западе Северной Америки, а также на ее юго-восточном побережье, в средней части Африки, на севере Австралии, на средиземноморском побережье, в Индии, районах Индокитая, Индонезии, островах Тихого океана и др. В России данный тип климата представлен на черноморском побережье в районе города Сочи [10].

## **ОСОБЕННОСТИ ЖАРКОГО ВЛАЖНОГО КЛИМАТА**

Данный тип климата характеризуется высокой температурой наружного воздуха, которая находится в пределах от 30 до 35°C [10], влажностью 55-100%, а также незначительными колебаниями температуры в течении суток, которые не превышают 4...7°C. Для жарких влажных районов характерно обилие осадков. Как правило, годовое количество их превышает 500 мм, достигая в отдельных районах 6000 мм и более. Характерны также сезоны дождей, когда осадки выпадают в виде сильных и частых ливней. Скорости ветров обычно слабые, увеличиваются лишь в периоды начала и конца сезона дождей. В это время возможны шквалы. Интенсивность солнечной радиации такая же, как и для сухого жаркого климата. Отраженный от постоянной в этих районах облачности яркий солнечный свет способен увеличить суммарную дозу радиации на 10% и более. [9]

Не смотря на такие различия климата существуют общие принципы проектирования зданий и сооружений, которые характерны для обоих типов климата.

## **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ЖАРКОГО СУХОГО И ЖАРКОГО ВЛАЖНОГО КЛИМАТОВ**

1. Применение солнцезащитных устройств (СЗУ) для защиты от перегрева за счет солнечной радиации [1].

Правильный выбор солнцезащитных



устройств одновременно защищает от солнечного блеска, обеспечивает доступ рассеянного солнечного света для освещения, облегчает вентиляцию помещений и сохраняет возможность видимости из них. Кроме того, СЗУ могут выполнять и функции защиты от дождя.

Единовременные затраты на эти сооружения окупаются за счет снижения расходов на вентиляцию и кондиционирование [7] (они снижают температуру в помещении на 3-4°C при затратах на их устройство не более 0,5-4% от общей стоимости проекта).

СЗУ бывают горизонтальные, вертикальные, коробчатые и ячеистые, стационарные и регулируемые, постоянные и временные (см. рисунок 1).

Постоянные СЗУ являются органической частью здания, временные, в свою очередь, используются как предмет оборудования (например, маркизы или жалюзи).

Выбор СЗУ зависит от ориентации и назначения затеняемых помещений, траектории движения солнца в данном районе, местных климатических условий.

Козырьки (рисунок 1, а, б) в основном используют для затенения южных фасадов [8]. Они защищают помещение от солнечных лучей, но при этом не препятствуют проникновению воздуха в помещение и почти не снижают освещенность. Жалюзи – горизонтальные СЗУ. При любой ориентации проёмов они предотвращают попадание в помещение прямых и косых солнечных лучей, но при том существенно снижают естественную освещенность помещений. В качестве СУЗ с северо-западной и северо-восточной стороны здания применяют вертикальные ребра из сплошных плит. Они не пропускают в помещения косые лучи низкостоящего солнца, однако не защищают от лучей при высоком стоянии солнца.

Маркизы – текстильные СЗУ, натянутые на металлический каркас (рисунок 1, и). Полностью закрывая окна от солнечных лучей, маркизы не ухудшают аэрацию помещений [7].

Комбинированные или коробчатые СЗУ (рисунок 1, ж) рекомендуется применять на фасадах любой ориентации. Эти СЗУ состоят из вертикальных и горизонтальных плит,

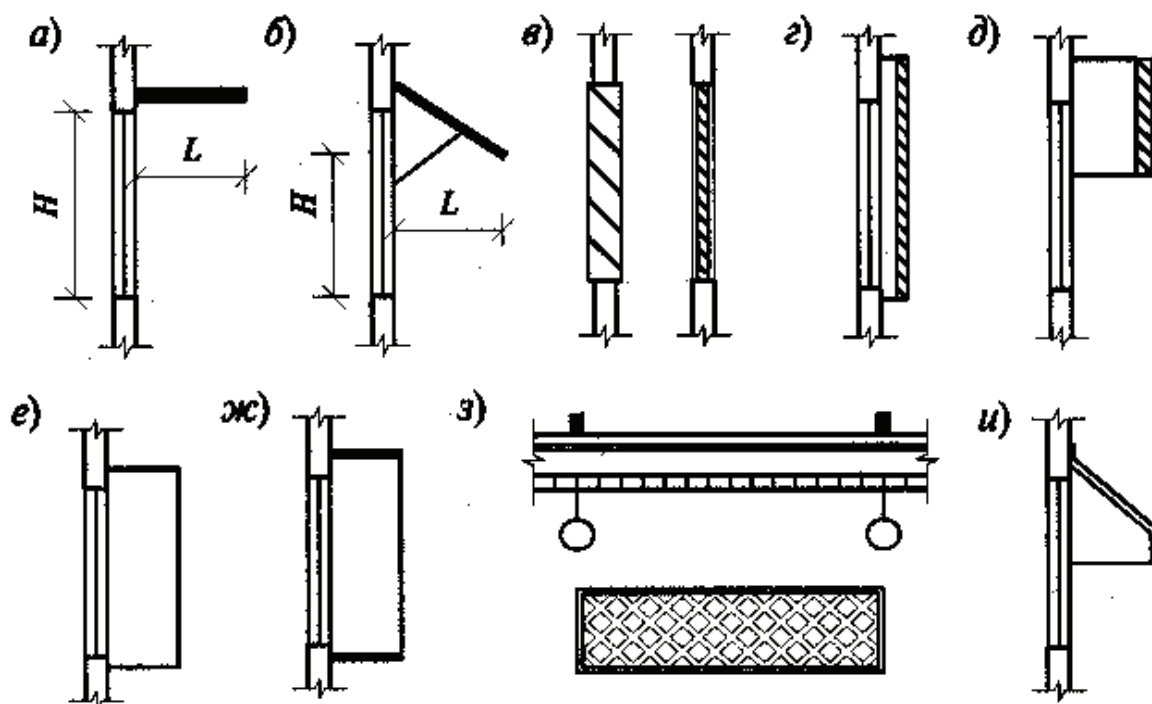


Рисунок 1 – Типы солнцезащитных устройств зданий: а – горизонтальный козырек, б – наклонный козырек, в – жалюзи, располагаемые в пределах толщины светопроёма, г – жалюзи около проёма, д – жалюзи на отnose от светопроёма, е – вертикальные ребра, ж – комбинированные, з – ячеистые солнцезащитные панели, и – маркизы

обрамляющих световые проёмы. Коробчатая система хорошо защищает помещение от прямых и косых солнечных лучей. При всем этом, она дорогостояща и трудоёмка при монтаже.

СЗУ трактуются как ведущая тема фасадов и придают особую выразительность облику зданий, повышают их эстетические качества (см. рисунок 2). Они органично расчленяют плоскости, создают ритм и пластику. Вариантность фасадов достигается путем сочетания ограниченного числа архитектурных деталей – вертикальных (наклонных или прямых экранов) и горизонтальных (ограждений лоджий с вариантами орнаментов, выполненных по национальным мотивам). [4]



Рисунок 2 – Движущееся здания Аль-Бахар в Абу-Даби

2. Использование материалов светлых тонов в окраске и отделке стен и покрытий, так как белый цвет обладает высоким коэффициентом отражения [5] (79% солнечных лучей он отражает и только 21% поглощает).

3. Устройство температурных швов.

Чрезмерный нагрев конструкций приводит к их расширению. Но в здании или сооружении конструкции не рассматриваются как отдельные элементы, они работают совместно друг с другом. Температурные расширения приводят к перемещению элементов сопряжения и выходу из строя узлов сопряжения.

Помимо всего это иногда совместно работают элементы с различными коэффициентами температурного расширения, то есть один

элемент увеличивается в размере больше чем другой и, следовательно, приводит к деформациям второго элемента.

В общем случае трещины возникают тогда, когда существует препятствие свободным деформациям укорочения при падении температуры воздуха. Таким препятствием обычно являются подземные конструкции (фундаменты и стены подвала), сезонный перепад температуры которых намного меньше, чем перепад температуры надземных стен. В этом случае в надземных стенах возникают большие растягивающие напряжения, которые и приводят к образованию трещин в ослабленных сечениях — в местах расположения проемов, слабой перевязки швов, плохого заполнения вертикальных швов и т. п. Причем, чем ближе к подземным конструкциям, тем выше напряжения, поэтому трещины начинаются обычно с нижних этажей.

Для компенсации подобного рода напряжений устраивают температурные швы (см. рисунок 3). Температурные швы устраиваются по всей высоте стены до основания фундамента и равномерно распределяются по длине здания. Расстояние между швами определяется расчетом и зависит от величины влияющих нагрузок, типа грунтов, материала для стен, функционального назначения помещений и т.д.

4. Использование материалов светлых тонов в окраске и отделке стен и покрытий, так как белый цвет обладает высоким коэффициентом отражения (79% солнечных лучей он отражает и только 21% поглощает).

5. Использование солнцезащитного остекления: стекла с добавками окислов металлов или с аэрозольным покрытием, теплоотражающие или теплопоглощающие; стеклопакеты с прокладкой стеклянного волокна (ставит, термолюкс); теплосортирующие стекла или стеклоблоки, обеспечивающих благодаря профилю их внутренней поверхности полное внутреннее отражение солнечных лучей на границе стекло-воздух; волнистых пластик, с запрессованным листом алюминиевой фольги, отражающей прямые солнечные лучи. [9]

6. Устройство открытых лестниц, вынесенных за пределы зданий, для того чтобы исключить аккумуляцию солнечных лучей и передачу тепла в помещения зданий [2, 6].

7. Материал для покрытий полов необходимо выбирать с большими показателями теплоусвоения [2]. Например, устраивать мраморные, мозаичные, цементные, глиняные, бетонные, керамические полы.

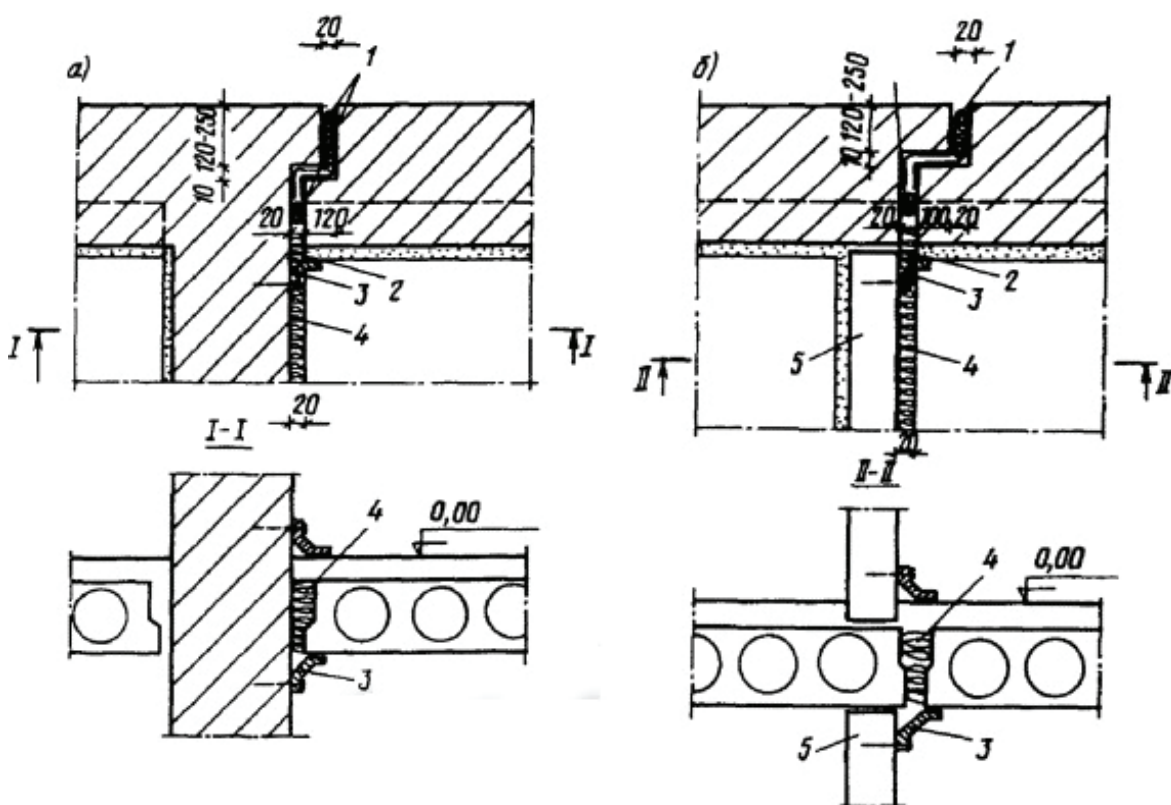


Рисунок 3 – Температурные швы в зданиях с продольными несущими стенами:  
а - в местах сопряжения продольной стены с поперечной;  
б - то же, у поперечной перегородки;  
1 - утеплитель (толь или рубероид с утеплителем или поризол, гернит);  
2 - расшивка шва; 3 - нацельник; 4 - просмоленная пакля; 5 – перегородка

### КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ИХ ОСОБЕННОСТИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Для данного типа климата фундаменты обычно устраиваются ленточные с развитыми подвальными и полуподвальными помещениями, заглубленными в грунт [2]. Последнее способствует защите помещений от перегревов и суховея.

Стены зданий в условиях жаркого сухого климата защищают помещения от горячих потоков воздуха, пыли, песка, яркого дневного света и от теплового воздействия солнца, поэтому их выполняют массивными из монолитного железобетона, кирпича и других материалов, которые обладают высокими теплозащитными качествами, хорошей теплоустойчивостью. Благодаря чему стены смягчают резкие суточные колебания температуры. Также в современных условиях можно исполь-

зовать легкие конструкции из эффективных материалов с высокими теплофизическими показателями – многослойные стены с экранами и стены с воздушными прослойками [3, 6].

На величину солнечной радиации, проникающей в помещение, основное влияние оказывает площадь остекления. Окна должны быть минимальных размеров, только для удовлетворения требований освещенности [2]. Необходимо, чтобы их расположение и конструкция способствовали снижению теплопоступлений в помещении.

Полы первых этажей следует укладывать непосредственно по грунту [2].

Из всех конструкций зданий больше всего тепловому воздействию подвергаются покрытия. Они получают солнечной радиации почти столько же, сколько все стены здания, вместе взятые [2] (всего на 26% меньше).

Крыши обычно устраивают плоскими эксплуатируемыми (рисунок 4, а), их используют

для сна и отдыха [2]. Помимо плоских устраивают купольные и сводчатые покрытия, они снижают действием инсоляции, повышают теплоотдачу за счет охлаждения при омывании воздухом развитой поверхности покрытия (наружная поверхность купола почти в 3 раза больше его горизонтальной проекции). Часто используют вентилируемые двойные крыши [8]. Иногда применяют «тяжелые» крыши из грунта (рисунок 4, в), орошаемые крыши и крыши-ванны [2].

Крыши-ванны (рисунок 4, г) хорошо защищают покрытие от перегрева и позволяют значительно уменьшить толщину теплоизоляционного слоя, но требуют специального оборудования для поддержания постоянства уровня воды и ее периодической замены, при больших площадях покрытий существует опасность нагона воды ветром и местной перегрузки несущих конструкций. [8, 9]

Орошение крыши позволяет снизить температуру кровли на 2-3°C, однако требует большого количества воды и сложных механических устройств, а также периодическое увлажнение и высыхание гидроизоляционного ковра ведет к его быстрому разрушению. [8, 9]

Также устраивают двойные покрытия (рисунок 4, б), пригодные в жарком сухом и влажных климатах. Верхняя оболочка двойного покрытия затеняет нижнюю и воспринимает радиационную теплоту. Пространство между двумя оболочками, омываемое потоками свободно циркулирующего воздуха, который уносит с собой избыток теплоты, защищает нижнюю оболочку от перегрева. [9]

#### КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ИХ ОСОБЕННОСТИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЖАРКОГО ВЛАЖНОГО КЛИМАТА

Для данного типа климата наиболее рационально использовать отдельные фундаменты под стойки (колонны), которые приподнимают здание над уровнем земли и обеспечивают свободное движение воздуха под зданием, тем самым способствуя защите здания от чрезмерной грунтовой влаги, насекомых и гры-

зунов, а также образования ветровой тени.

Наружные ограждающие конструкции (кроме покрытий и стен, ориентированных на запад и восток, которые обладают теплостойкостью и имеют солнцезащитные устройства) в условиях жаркого влажного климата проектируют легкими, перфорированными, трансформируемыми (раздвижные, откидные), «дышащими», раскрывающими помещения во внешнюю среду, способствующими свободному перемещению воздуха, а также защите от солнечных лучей, дождя и насекомых. Для защиты от насекомых необходимо предусмотреть шторы, сетки, ставни, экраны. [9]

Через окна в данном типе климата должно поступать максимальное количество воздуха, а размеры и размещение окон выбирают в соответствии с требованием его свободного движения. Также необходимо использовать солнцезащитные устройства, а при использовании кондиционеров — теплозащитные стекла.

Деревянные полы устраиваются лишь там, где нет термитов, а также условий для протекания процессов гниения [2].

Покрытия, как и в жарком сухом климате, получает значительное количество облучения. Поэтому их защищают от солнечных лучей, а они в свою очередь обеспечивают водоотвод при ливнях высокой интенсивности. В этих районах используются вентилируемые двускатные, односкатные и зонтичные (см. рисунок 5), с далеко выступающими свесами крыши [3].

Для защиты лестниц от дождя и солнца используют защитные решетки [2].

Для защиты от атмосферной влаги применяют увеличенный вынос карнизов крыш, устройство галерей и лоджий, защищающих от дождя стены и отводящих влагу от фундаментов.

Жаркий влажный климат способствует размножению насекомых, грибов и бактерий, создающих угрозу для здоровья человека и прочности материалов конструкций. Размножение определенных видов бактерий, способных выделять кислород, резко ускоряет

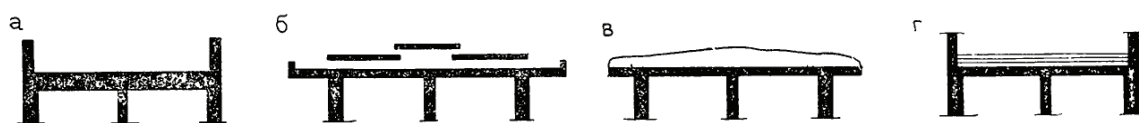


Рисунок 4 – Покрытия зданий в сухом жарком климате: а – эксплуатируемая крыша, б – двойная крыша, в – крыша из грунта; г – крыша-ванна



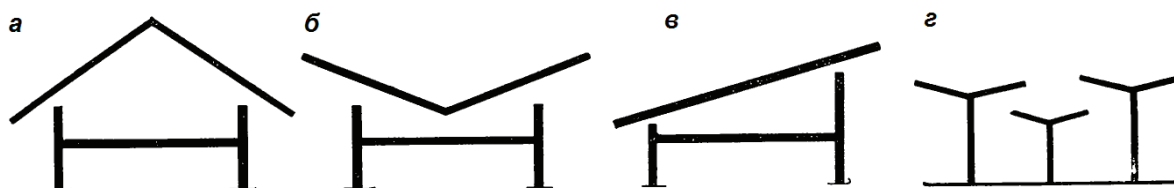


Рисунок 5 – Покрытия зданий во влажном жарком климате:  
а – двускатная крыша с внешним водоотводом,  
б – двускатная крыша с внутренним водоотводом,  
в – односкатная крыша; г – зонтичная крыша.

коррозионные процессы в металлах. «Биологическая коррозия» выводит из строя металл в несколько раз быстрее, чем обычная коррозия. Опасна она для бетона и железобетона – размножение бактерий приводит к ускоренному разрушению бетонных и железобетонных конструкций, потере ими несущей способности. [9]

Увеличение влажности деревянных конструкций свыше 22% при высокой влажности (80... 100 %) и температуре (5...40°C) воздуха ведет к активному развитию процессов гниения древесины. Разрушение ее происходит за счет питания грибов клетчаткой древесины. Древесина темнеет, покрывается глубокими трещинами, становится мягкой и хрупкой, полностью утрачивает свою прочность. [9]

В некоторых случаях грибки развиваются не только на древесине или ткани, но и на поверхности каменной кладки. Проникая в швы, трещины и пустоты, грибок врастает в каменную кладку, разрушает швы, используя для своего питания влагу, имеющуюся в кладке, и минеральные вещества, содержащиеся в известковом растворе (калий, кальций, магний). [9]

Наибольшую гарантию сохранности, древесины в конструкциях зданий дают химические меры защиты.

Основными методами химической защиты древесины от гниения являются:

- пропитка в горячих растворах антисептика (3%-ный фтористый натрий или фтористый натрий с фтористым аммонием и 8%-ный раствор кремнефтористого аммония);

- обработка антисептическими пастами (в состав паст обычно входят такие антисептики, как фтористый натрий, кремнефтористый натрий с содой, кремнефтористый аммоний, кремнефтористый натрий с медным или железным купоросом.);

- сухой способ антисептирования порошкообразным фтористым натрием или кремнефтористым аммонием;

- обработка водными растворами. [9]

Среди насекомых-вредителей, которые поражают конструкционные материалы зданий (жуки-точильщики, усачи, долгоносики, термиты и т. д.), наиболее грозными являются термиты. Гнезда термиты выгрызают в древесине, ветвях и стволах деревьев, грунте. Ущерб мировой экономике от деятельности термитов оценивается в 1 млрд. долл. в год.

Меры борьбы с термитами бывают конструктивные, химические и профилактические.

Конструктивные мероприятия заключаются в том, что: здания строят на каменном фундаменте и опорах, с высоким цоколем, сложенным из обожженного кирпича или камня на растворе с высокомарочным цементом, или применяют сплошное железобетонное основание, уложенное на протравленный инсектицидами грунт; вокруг здания грунт протравливают на большую глубину и поверх него делают вокруг цоколя бетонную или асфальтовую отмостку [9].

Профилактические мероприятия в эксплуатируемых зданиях включают периодические обследования на зараженность термитами, содержание в чистоте подвалов и окружающей территории и поддержание в порядке цокольной части и отмосток.

Химические меры борьбы с термитами, как наиболее эффективные, основываются на пропитке древесины, тканей, бумаги, грунта по периметру здания и вокруг него составами антисептиков такими же, что и при противопожарной обработке, которые делают древесину непригодной для питания термитов. [9]

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конструктивные особенности проектирования зданий и сооружений в условиях жаркого сухого и жаркого влажного климата должны предусматривать снижение теплопоступлений в помещения за счет рационального подбора



конструкций, а также защиту последних от неблагоприятных факторов окружающей среды, что в дальнейшем способствует снижению затрат на ремонт и эксплуатацию зданий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Великовский Л.Б. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Том II. Основы проектирования : учебник для вузов – изд. 2-е перераб. и доп. / Л.Б. Великовский, Н.Ф. Гуляницкий, В.М. Ильинский и др. под общ. ред. В.М. Предтеченского – М., Стройиздат, 1976 – 215 с.
2. Великовский Л.Б. Архитектура гражданских и промышленных зданий Том III. Жилые здания / Л.Б. Великовский, А.С. Ильясhev, Т.Г. Маклакова и др. под общ. ред. К.К. Шевцова – М., Стройиздат, 1983 – 239 с., ил.
3. Коллектив авторов. Архитектура и климат Южно-российского региона : учеб. пособие для вузов / Под. ред. Шевченко Л.П. – Ростов н/Д: Рост. гос. арх. ин-т, 1998 – 183 с.
4. Лицкевич В.К. Жилище и климат. – М. : Стройиздат, 1984. – 288 с., ил.
5. Матехина О.В. Основы архитектурно-

го проектирования: учеб. пособие / О.В. Матехина ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 296 с.

6. Туполев М.С. Архитектурные конструкции: учеб. для вузов по спец. «Архитектура» - М. : «Архитектура-С», 2006. – 240 с., ил.

7. Усмонов Ш.З. Методы снижения расхода энергии на охлаждение жилых зданий в условиях сухого жаркого климата северных регионов Таджикистана // Вестник МГСУ. 2013. № 9. с. 79—85.

8. Фирсанов В.М. Архитектура гражданских зданий в условиях жаркого климата: учебник для студентов архит. и строит. специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1982. – 248 с., ил.

9. Шевцов, К. К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями: учеб. пособие для вузов / К. К. Шевцов. – М. : Высшая школа, 1986. - 232 с. : ил.

10. Шихов А.Н. Архитектурная и строительная физика: учеб. пособие / А.Н. Шихов, Д.А. Шихов; ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, – Пермь: Изд-во: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 377 с.

## DESIGN FEATURES OF BUILDINGS IN HOT CLIMATES

M.V. Mahimova, O.G. Nemtseva

**Abstract.** In article the main characteristics of a hot dry and humid climate, constructive solutions of buildings and constructions in these climatic conditions are considered. Examples of the sun-protection devices used for protection of buildings and constructions against solar radiation are given. The causes of temperature deformations and the principles of the device of temperature seams are analyzed. The attention is paid to the main ways of fight against termites, and also antiseptic processing of wood in a hot humid climate.

**Keywords:** hot humid climate, hot dry climate, constructive solutions, sun protection, construction of buildings

#### REFERENCES

1. Velikovskij L.B. Guljanickij N.F. Il'inskij V.M. *Arhitektura grazhdanskih i promyshlennyh zdaniy. Tom II. Osnovy proektirovaniya* [Architecture of civil and industrial buildings. Volume II. Design bases] Moscow, Strojizdat, 1976. 215 p.
2. Velikovskij L.B. Il'jashev A.S. Maklakova T.G. *Arhitektura grazhdanskih i promyshlennyh zdaniy Tom III. Zhilye zdaniya* [Architecture of civil and industrial buildings. Volume III. Residential buildings]. Moscow, Strojizdat, 1983. 239 p.
3. Shevchenko L.P. *Arhitektura i klimat Juzhno-rossijskogo regiona* [Architecture and

climate of the Southern Russian region]. Rostov-na-Donu, 1998. 183 p.

4. Lickevich V.K. *Zhilishhe i klimat* [Dwelling and climate]. Moscow, Strojizdat, 1984. 288 p.

5. Matehina O.V. *Osnovy arhitekturnogo proektirovaniya* [Bases of architectural design]. Novokuzneck, Izdatel'skij centr SibGIU, 2014. 296 p.

6. Tupolev M.S. *Arhitekturnye konstrukcii* [Architectural designs]. Moscow, Arhitektura-S, 2006. 240 p.

7. Usmonov Sh.Z. *Metody snizheniya rashoda jenerгии na ohlazhdenie zhilyh zdaniy v uslovi-*

jah suhogo zharkogo klimata severnyh regionov Tadzhikistana [Methods of decrease in power consumption on cooling of residential buildings in the conditions of arid hot climate of northern regions of Tajikistan]. *Vestnik MGSU*. 2013. no. 9. pp. 79–85.

8. Firsanov V.M. *Arhitektura grazhdanskih zdaniy v usloviyah zharkogo klimata* [Architecture of civil buildings in the conditions of hot climate]. Moscow, Vysshaya shkola, 1982. – 248 p.

9. Shevcov, K. K. *Proektirovanie zdaniy dlja rajonov s osobymi prirodno-klimaticheskimi uslovijami* [Design of buildings for areas with special climatic conditions]. Moscow, Vysshaya shkola, 1986. - 232 p.

10. Shihov A.N. *Arhitekturnaja i stroitel'naja fizika* [Architectural and construction physics]. Perm', 2013. 377 p.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Максимова Марина Владимировна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: m9139768547@gmail.ru).

Mahimova M.V. (Omsk, Russia) – Ph. D. in Technical Sciences, The Siberian Automobile and Highway University (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: m9139768547@gmail.ru).

Немцева Олеся Геннадьевна (Омск, Россия) – магистрант. ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080 г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: lesya1014@yandex.ru).

Nemtseva O.G. (Omsk, Russia) – the 1st course student of graduate studies the Siberian Automobile and Highway University (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: lesya1014@yandex.ru).

УДК 624.139.24

## СОСТОЯНИЕ ЖИЛОГО ФОНДА И ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ НОВОСИБИРСКЕ

В.С. Воробьев, А.С. Синицына  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения» г. Новосибирск, Россия

**Аннотация.** Приведен анализ существующего жилищного фонда различных периодов застройки и степени износа конструктивных элементов зданий. Отмечено, что в г. Новосибирске значительный рост жилого фонда начался с 1921 года. Наблюдается постепенное снижение общей площади в домах старой застройки. Увеличивается количество зданий, износ которых превышает 65 %. Растет число аварийных домов и домов, требующих капитального ремонта или реконструкции. В статье обсуждается целесообразность создания кадастра зданий по видам дефектов для планирования продления жизненного цикла при их ликвидации. Выявлены основные отказы оснований и фундаментов, вызванные влиянием человеческого фактора, приводящие к сверхнормативным деформациям зданий. К ним относятся:

- некачественные инженерно-геологические изыскания;
- ошибки при проектировании оснований и фундаментов;
- не качественное выполнение работ при возведении нулевого цикла;
- нарушение технологии эксплуатации.

Детально раскрыты ошибки, приводящие к сверхнормативным деформациям зданий.

**Ключевые слова:** основание, фундамент, деформация зданий и сооружений, усиление грунта, динамическое воздействие, эксплуатационная надежность.

Новосибирск является крупным мегаполисом, занимающим третье место в Российской Федерации по площади. Бурное развитие домостроения в относительно молодом городе Сибири началось с 1921 г. В разные периоды преобладали различные тенденции преиму-

щественного применения конструктивов, основанные на тех или иных материалах стен. Общая площадь жилых помещений в тыс. кв.метров различных лет постройки за последние 15 лет приведена в табл.1. За эти годы наблюдался прирост жилого фонда монолитного

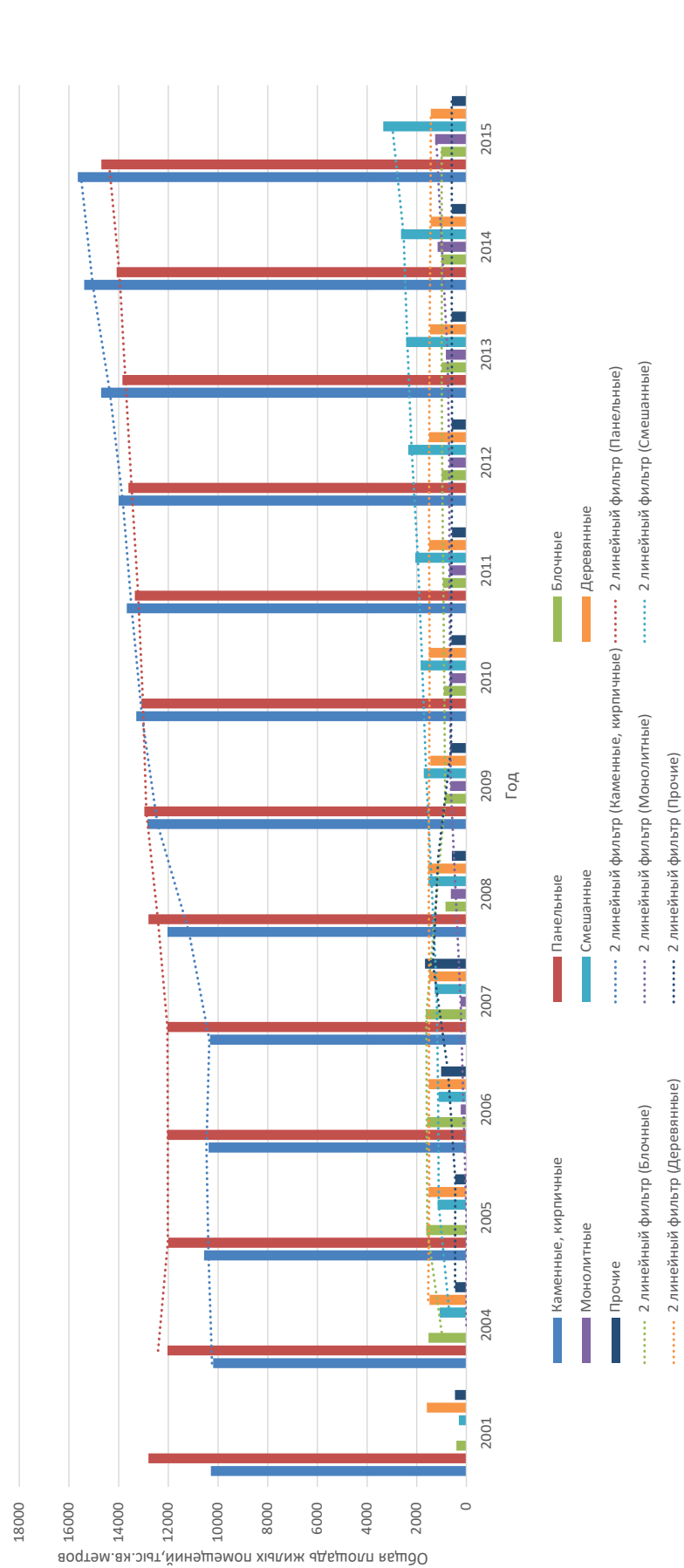


Рисунок 1 – Изменение общей площади жилых помещений

и кирпичного домостроения. Индустриальное панельное домостроение сохранилось и в 21-м веке, однако темпы роста стали существенно ниже по сравнению с монолитным и кирпичным (табл.1). Графически эта ситуация проиллюстрирована рисунком 1. Вместе с тем, несмотря на принимаемые меры по капитальному ремонту и реконструкции жилья, износ нарастает.

По данным комитета жилищно-коммунального хозяйства при администрации г. Новосибирска в муниципальном жилищном фонде по состоянию на 1 января 2016 г. в технически хорошем состоянии (с износом от 0 % до 30 %) находятся 27 750,8 тыс. кв. м; в удовлетворительном состоянии (с износом от 30 % до 65 %, требующем выборочный капитальный ремонт) – 9 692,7 тыс. кв. м; в неудовлетворительном состоянии (свыше 65 % износа, требующем комплексный капитальный ремонт и реконструкцию) – 455,3 тыс. кв. м.

Наибольшие площади жилых зданий приходятся на каменные, кирпичные и панельные жилые помещения, поэтому нами проведен анализ причин дефектов, приводящих к сверхнормативным деформациям, по данному жилищному фонду.

В кирпичных зданиях отмечаются нарушения целостности кладки практически по всем этажам (рис.2).

Наблюдается выход кладки из плоскости на 50-80 мм в локальных участках наружной стены (рис. 3). Причиной такого технического состояния является некачественная перекладка, заделка трещин цементно-песчаным раствором, замачивание козырька кровли.

Массовые отказы оснований и фундаментов приводят к деформации зданий в виде вертикальных трещин (рис. 4) и появление внутренних трещин в зоне опирания плиты переходной площадки лестничной клетки (рис. 5).

Выявлены причины отказов, связанные с некачественным выполнением кладки, складированием мусора на чердаках зданий, наличием пустошовок, несоответствием горизонтальных и вертикальных швов требованиям СП «Несущие и ограждающие конструкции», наличием газобетонных блоков в наружных стенах зданий, несоответствием фактической марки кирпича и раствора проектным и др.

В этой связи необходима стратегия восстановления жилищного фонда наряду с новым строительством. Для дальнейшего исследования нами выделены следующие ее позиции: типизация грунтовых условий города с учетом многочисленных техногенных факторов, ухудшающих эксплуатацию зданий; составление обоснованного кадастра зданий по видам дефектов для планирования продления



Рисунок 2 – Общий вид. Здание со стороны подъездов





*Рисунок 3 – Локальный участок перекладки наружной стены*

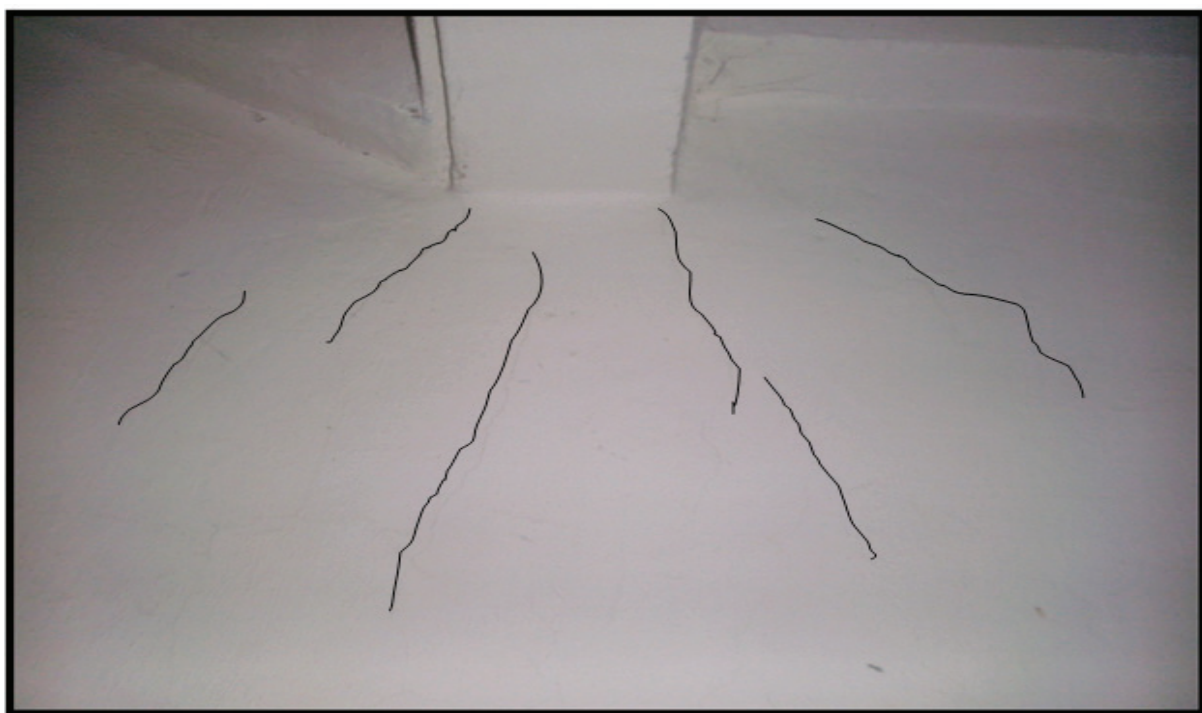


*Рисунок 4 – Вертикальные трещины шириной раскрытия до 7 мм в наружной стене. Локальные участки замачивания балконных плит*



Таблица 1  
ОБЩАЯ ПЛОЩАДЬ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ, ТЫС. КВ. МЕТРОВ

| Наименование показателей | 2001    | 2004    | 2005    | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| По материалу стен:       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Каменные, кирпичные      | 10285,9 | 10195,7 | 10562,4 | 10374,7 | 10317,6 | 12035,6 | 12839,2 | 13288   | 13672,2 | 13996,6 | 14701,4 | 15385,3 | 15648,9 |
| Панельные                | 12796,7 | 12033,3 | 12003   | 12043,1 | 12035,7 | 12801,2 | 12965,4 | 13082,4 | 13345,5 | 13603,8 | 13852,4 | 14080,6 | 14697,2 |
| Блочные                  | 403,1   | 1522,8  | 1613,1  | 1587    | 1633,8  | 844,1   | 870,9   | 913,6   | 943,3   | 995,9   | 995,9   | 985,7   | 1016,6  |
| Монолитные               | -       | -       | -       | 229     | 236,5   | 626,4   | 641,2   | 664,7   | 695,9   | 687,5   | 823,2   | 1161,9  | 1260,3  |
| Смешанные                | 305     | 1073,1  | 1161,1  | 1114,6  | 1273,3  | 1530,8  | 1713,8  | 1841,3  | 2060,5  | 2340,8  | 2424,1  | 2628    | 3349,3  |
| Деревянные               | 1588,4  | 1482,4  | 1517,8  | 1505,4  | 1489,5  | 1545,5  | 1448,8  | 1508,3  | 1497,4  | 1499,5  | 1461,1  | 1436,3  | 1430,1  |
| Прочие                   | 463,5   | 452     | 449,6   | 1021    | 1669,8  | 586,4   | 641,6   | 604,4   | 575,2   | 590,1   | 590,1   | 589,2   | 586,6   |
| По годам возведения:     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| до 1920 г.               | 73,7    | 63,5    | 61,8    | 62,9    | 61,4    | 60,4    | 52,7    | 51,7    | 49,9    | 49,1    | 49,1    | 21,8    | 15,6    |
| 1921-1945 гг.            | 1097,4  | 1030,8  | 1020,4  | 1009,7  | 990,9   | 983,6   | 959,1   | 951,4   | 941,3   | 934,1   | 888,5   | 887     | 884,4   |
| 1946-1970 гг.            | 11147,8 | 10509,1 | 10558   | 10554,1 | 10576,7 | 10601,5 | 10648,8 | 10643,6 | 10624,2 | 10619,3 | 10619,3 | 10609,1 | 10609,1 |
| 1971-1995 гг.            | 12240,2 | 13081,1 | 13126   | 13096,4 | 13143,2 | 13180,4 | 13279,5 | 13294,8 | 13303,8 | 13312,3 | 13312,3 | 13312,3 | 13312,3 |
| После 1995 г.            | 1283,5  | 2074,8  | 2540,8  | 3151,7  | 3884    | 5144,1  | 6180,8  | 6961,2  | 7870,8  | 8799,4  | 9979    | 11436,8 | 13167,6 |
| По проценту износа:      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| от 0 до 30%              | 18670,8 | 17857,6 | 18292,3 | 18635,5 | 19243,1 | 20234,9 | 21292,3 | 22067,5 | 22962,6 | 23867,5 | 25047,1 | 26485,6 | 27750,8 |
| от 31% до 65%            | 6445,4  | 8200,7  | 8342,5  | 8548,1  | 8709,9  | 9045,2  | 9190,8  | 9222,2  | 9237,4  | 9262,4  | 9255,2  | 9248,4  | 9692,7  |



*Рисунок 5 – Шестой подъезд здания. Трещины шириной раскрытия до 0,3 мм в зоне опирания плиты переходной площадки лестничной клетки*

жизненного цикла при их ликвидации, детальный анализ и классификация причин, повлиявших на отказы их оснований и фундаментов; разработка и внедрение методов усиления грунтов основания и фундаментов применительно к грунтовым условиям региона [1].

В настоящее время на территории города Новосибирска типизация грунтовых условий выполнена в полном объеме [2-3].

Основным звеном этих работ является крупномасштабное инженерно-геологическое районирование и изучение грунтовых оснований для возможности их закрепления теми или иными способами. Эти задачи решались рядом исследователей, изучивших разрезы в различных районах города. Производились отборы проб для изучения в лабораторных условиях и подбирались технологии их закрепления [1-3]. Рассматриваемая толща грунта составляла 20-25 м, что соответствует параметрам строительства надземных и подземных сооружений и действия основных техногенных факторов [1].

В ходе рассмотрения была разработана схема распространения основных типов грунтов города Новосибирска, приведенная на рисунке 6, необходимая для разработки и применения специальных методов, обеспечивающих надежность оснований при проведе-

нии ремонтно-восстановительных работ действующих сооружений в аварийных ситуациях.

Согласно приведенной схеме (рис. 6), выделяются: непросадочные, просадочные и техногенные грунты. Два последних типа грунтов нуждаются в применении специальных мер по улучшению их прочностных и деформационных свойств [4].

Половины площадей, занимаемых территорией г. Новосибирска, относятся к так называемым условно благоприятным или неблагоприятным для строительного освоения. К этим площадям относятся территории распространения лессовых просадочных грунтов, участки с высоким уровнем подземных вод, заторфованные, заболоченные, а также сложенные техногенными грунтами. На данный момент отсутствует научно обоснованный кадастр зданий по видам дефектов.

Проблема его создания вполне актуальна и обоснованна. Нами составлен кадастр зданий по видам дефектов для планирования продления жизненного цикла при их ликвидации по отдельным районам и улицам г. Новосибирска, пример которого приведен в таблице 2.

Выполненные обследования зданий показали, что наиболее часто встречаются деформации грунтовых оснований, дефекты и повреждения фундаментов, которые сказы-

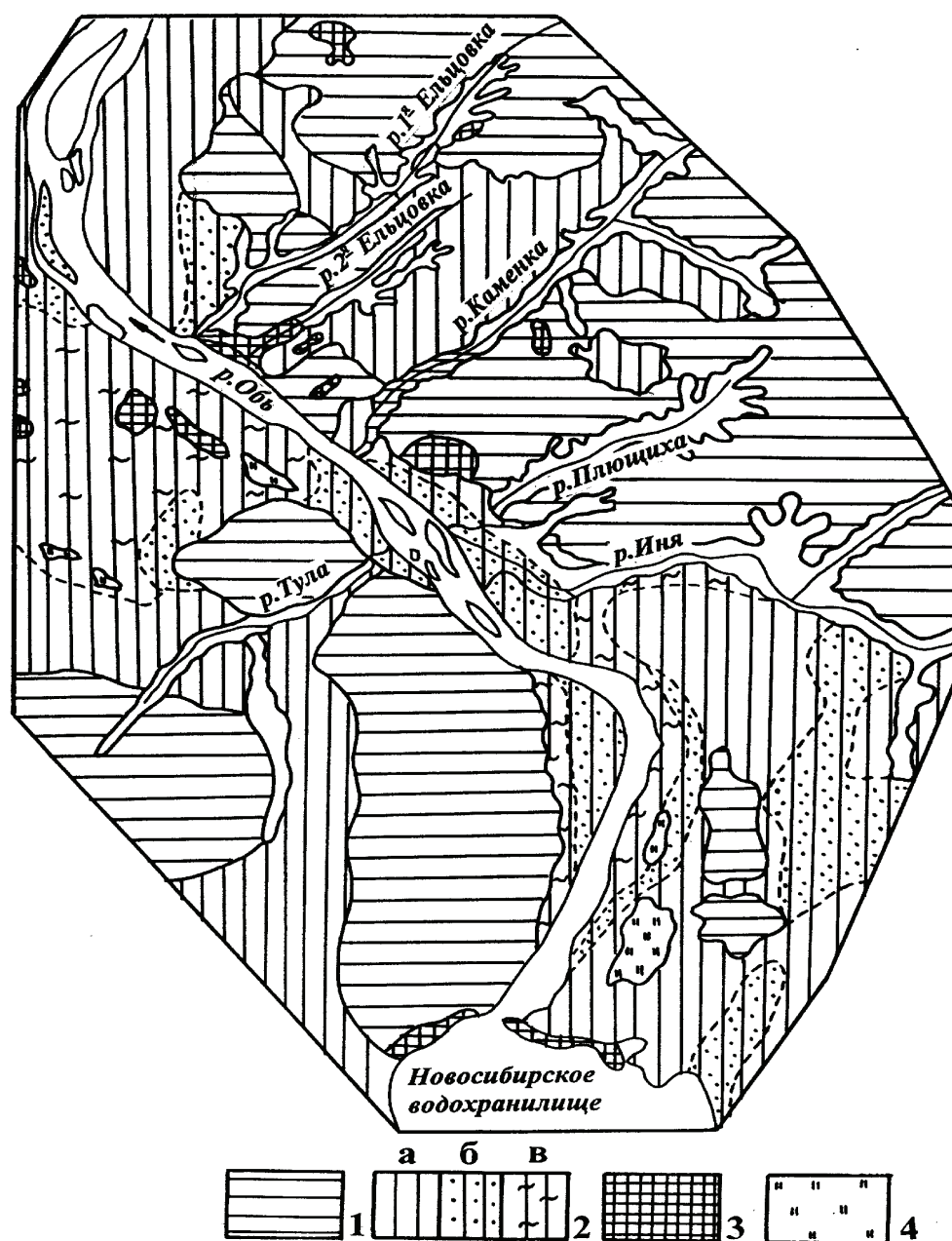


Рис.1 Схема распространения основных типов грунтов г.Новосибирска  
1 - просадочные грунты; 2- непросадочные грунты сложенные с поверхности :  
а) супесчано-песчаными отложениями, б) пылеватыми и крупнозернистыми песками,  
в) заторфованными суглинками; 3 - техногенные грунты; 4 - болота

Рисунок 6 – Схема распространения основных типов грунтов г. Новосибирска

Таблица 2  
КАДАСТР ДЕФОРМИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

| № п.п. | Год постройки | Адрес   | Этажность | Тип здания                                                                            | Материал стен  | % износа | Техническое состояние основных несущих конструкций и здания в целом                                                                                |
|--------|---------------|---------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 1959          | Адрес 1 | 5         | многоквартирный жилой дом                                                             | кирпич         | 55       | основными повреждениями являются многочисленные трещины в наружных и внутренних стенах, замачивание, размораживание и разрушение штукатурного слоя |
| 2      | 2015          | Адрес 2 | 25        | многоэтажный жилой дом с помещениями общественного назначения, подземной автостоянкой | каркас, кирпич | 25       | недостаточные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов основания для восприятия нагрузок от конструкции здания                  |
| ...    |               |         |           |                                                                                       |                |          |                                                                                                                                                    |

ваются на техническом состоянии всех строительных конструкций. Учитывая, что основания и фундаменты скрыты грунтом, основными косвенными признаками их неблагоприятного технического состояния и одновременно поводом для проведения обследования здания являются: деформации зданий, сооружений и их отдельных строительных конструкций (крены, выгибы, перекосы, трещины); осадка грунтов вокруг зданий и сооружений, а также просадка полов в подвальных помещениях; деформации и разрушение фундаментов и стен с внутренней стороны подвальных помещений; подтопления территорий вокруг зданий и сооружений, а также подвальных помещений из-за изменения уровня грунтовых вод, аварий бытовых и технологических систем водоснабжения и канализации; нарушение наружного водоотвода (разрушение отмостки, водосточных труб), а также нарушения целостности вертикальной планировки [5].

Причины аварий и деформаций сооружений из-за разрушения оснований и фундаментов разделяются различными исследователями условно на следующие группы: ошибки, допущенные при инженерно-геологических изысканиях; ошибки, обусловленные непра-

вильным толкованием отдельных положений действующих нормативных документов или непониманием при проектировании (ошибки проектирования); нарушение технологии производства работ по возведению нулевого цикла; неправильная эксплуатация сооружений или ошибки, допущенные при их реконструкции [6].

К существенным причинам отказов оснований и фундаментов применительно к грунтовым условиям г. Новосибирска относится человеческий фактор. На наш взгляд, вполне приемлемой может быть классификация отказов из-за ошибок по видам проектно-изыскательских, строительных и эксплуатационных работ.

*Ошибки инженерно-геологических изысканий.* Сегодня многие специализированные изыскательские лаборатории некогда крупных проектных институтов закрыты и не работают. Вместе с тем, Заказчики заинтересованы в проведении дешевых изысканий в незначительных объемах и в сжатые сроки. Новые изыскательские предприятия и лаборатории принимают эти условия заказчика, на строительных площадках сложенных слабыми, просадочными, техногенными, сильно-сжимаемы-

ми грунтами. При этом ошибки допускаются при отборе образцов в указанных специфических грунтах.

Ошибки инженерно-геологических изысканий трудно поддаются учету, так как они проявляются в период строительства и дальнейшей эксплуатации зданий [7].

*Ошибки проектирования.* При проектировании не учитывается эволюция грунтов в инженерно-геологических условиях г. Новосибирска, которая отражается на состоянии зданий в процессе их последующей эксплуатации. Основной ошибкой является не учет изменения физико-механических свойств грунтов при подъеме или понижении уровня грунтовых вод. Не всегда при проектировании учитывается технология производственного процесса, влияние на фундаменты сооружений постоянно действующих динамических нагрузок, и редко учитывается влияние агрессивных вод воздействия на фундаментные конструкции.

Много ошибок допускается при проектировании зданий, которые пристраиваются к существующим. В число ошибок входит неучет фундамента существующего здания, увеличения высоты подвальных помещений за счет выемки грунта, перераспределения нагрузки на фундамент без учета действительной несущей способности, увеличение этажности зданий без достаточного обоснования [8].

*Низкое качество работ при устройстве оснований и фундаментов.* Распространённые нарушения этой группы связаны с перебором, затоплением или промораживанием дна котлована, с нарушениями структуры грунта при динамических воздействиях, засыпкой пазух котлована водопроницаемым грунтом, неоправданными простоями разработанных котлованов, неправильным осуществлением водопонижения способом открытого водоотлива в мелкодисперсных грунтах [1]. В последнее время часто встречаются нарушения, связанные с неудовлетворительной консервацией при длительных перерывах в строительстве.

Встречаются случаи, когда неправильно выбранная технология производства работ приводит к отступлению от проекта. Часто разработка котлованов под новое строительство вблизи существующих зданий выполняется без крепления их стенок и откосов.

*Эксплуатационные причины отказов.* Происходит частое замачивание грунтов, с техногенными утечками из водонесущих коммуникаций. Помимо замачивания происходит понижение уровня грунтовых вод без доста-

точного обоснования и учета негативного воздействия на прилегающие здания и сооружения.

Динамические воздействия на существующие здания и сооружения, приводят к нарушениям целостности фундамента. В последние годы стали часто встречаться вопросы по перепланировке и реконструкции квартир без согласования с эксплуатирующими организациями. В результате происходит перераспределение нагрузок и, как следствие, дополнительные неравномерные осадки фундамента.

Водонесущие коммуникации города в настоящее время находятся в неудовлетворительном состоянии. В результате техногенное подтопление грунтов связанные с ним реализация просадочных свойств лессовых грунтов массовое развитие в городе получило и, вымывание и вынос грунтов из-под подошвы фундаментов, снижение их прочностных и деформационных характеристик получило массовое развитие.

Следует отметить, что устранение просадочных свойств и неравномерной сжимаемости грунтов в предпостроечный период путем их поверхностного уплотнения тяжелыми трамбовками не дает желаемого эффекта.

Решение проблемы восстановления эксплуатационной надежности деформируемых зданий и продление их жизненного цикла без упрочнения грунтов основания и усиления самих фундаментов невозможно [9-10]. Данные работы должны выполняться специализированными организациями.

В связи с отсутствием достаточного опыта ряда проектно-строительных фирм при проектировании не выполняется сравнение вариантов и не обосновываются применяемые методы упрочнения применительно к конкретным грунтовым условиям.

Резюмируя, наметим основные направления обеспечения надежности оснований и фундаментов в сложившихся условиях:

1. Проектно-изыскательская документация на все объекты нового строительства должна проходить дополнительную экспертизу проектных решений оснований и фундаментов;

2. Стоимость дополнительной экспертизы проектной документации и авторского надзора за устройством оснований и фундаментов должна быть учтена в сметной стоимости строительства;

3. В проектную документацию следует включить раздел, посвященный анализу эволюции грунтов, мониторингу геологической и гидрогеологической обстановки в процессе



эксплуатации здания;

4. При расчете оснований по предельным состояниям необходимо использовать характеристики грунтов в условиях их полного водонасыщения;

5. Восстановление эксплуатационной надежности деформированных зданий, может быть достигнуто путем усиления грунтов основания или фундаментов;

6. В проекте упрочнения грунтов основания должен быть раздел, содержащий обоснование выбора способа их закрепления [1].

Восстановление жилого фонда путем проведения реконструкции и капитального ремонта вполне реально при объективной оценке деформаций, разработке проектно-сметной документации и целевого использования финансовых ресурсов, формируемых собственниками жилья и размещаемых либо в ТСЖ, либо в бюджете города.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Крицкий М.Я., Ланис А.Л., Сухорукова А.Ф., Колышкин С.В.. Причины деформаций зданий и сооружений в Новосибирске // Вестник Иркутского государственного технического университета.-2005.-№1.-С.20 -24.

2. Крицкий М.Я., Сухорукова А.Ф., Чернусов С.И.. Особенности инженерно-геологических условий г. Новосибирска и пути создания надежных грунтовых оснований. Город. Прошлое, настоящее, будущее. Проблемы развития и управления на пороге III тысячелетия. Иркутск, 2000г, с.90-94.

3. Крицкий М.Я., Сухорукова А.Ф., Лубягин А.В.. Пути решения проблемы усиления грунтовых оснований объектов с учетом инженерно-геологических условий г. Новосибирска. Материалы международного симпозиума «Ин-

женерно - геологические проблемы урбанизированных территорий», г. Екатеринбург, 30 июля-2 августа 2001 г., т. 2, с. 727-731.

4. Арефьева Л.Д. Инженерно-геологические условия строительства метрополитена в Новосибирске. Вопросы инженерной геологии, оснований и фундаментов. Труды НИИЖТа. Вып. 106. Новосибирск. 1970. с. 98-110.

5. Ремнев В.В. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие/ В.В. Ремнев, А.С. Морозов, Г.П. Тонких – М.: УМЦ ЖДТ, 2005. – 196с.

6. Мулюков Э.И. Классификация причин отказов оснований и фундаментов. // Основания и фундаменты. № 3. 1992. с. 28-30.

7. Багратуни Г.В., Ганьшин В.И., Данилевич Б.Б. и др. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1984. — 344с.

8. Леденев, В.И. Организация и технология ремонтно-строительных работ при реконструкции и капитальном ремонте гражданских зданий. Ч. 1. Общие сведения. Восстановление и усиление оснований и фундаментов : учеб. пособие / В.И. Леденев, И.В. Матвеева, Е.В. Аленичева, И.В. Гиясова. – Тамбов :Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006.–100 с.

9. Власов, В.А., Карпов, А.Е., Копаница, Д.Г., Ласковенко, А.Г., Ласковенко Г.А. К вопросу о моделировании жизненного цикла зданий и сооружений повышенной ответственности на основе процессного метода // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. - №5.-С. 161-166.

10. Рабцевич, О.В., Маслова Е.А. Особенности управления капитальным ремонтом жилищного фонда // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. - №3. - С. 201-209.

## **STATE HOUSING AND CAUSES DEFORMATION OF BUILDINGS IN THE CITY OF NOVOSIBIRSK**

V.S. Vorob'ev, A.S. Sinicyna

**Annotation.** The analysis of the existing housing stock of various construction periods and the degree of wear of structural elements of buildings is given. It is noted that in Novosibirsk, a significant increase in housing stock began in 1921. There is a gradual decrease in the total area in the houses of the old building. The number of buildings, whose wear exceeds 65, is increasing. The number of emergency houses and houses requiring major overhaul or reconstruction is growing. The article discusses the feasibility of creating a cadastre of buildings by types of defects for planning the extension of the life cycle when they are eliminated.

The main failures of the foundations and foundations, caused by the influence of the human factor, leading to deformation of buildings, are revealed. These include:

- poor engineering and geological surveys;
- errors in the design of foundations and foundations;
- non-qualitative execution of works during erection of the zero cycle;
- violation of operation technology.

Detailed errors are revealed that lead to deformation of buildings.

**Keywords:** sub-base, single footing, deformation of buildings and structures, gain ground, dynamic loading, operational reliability.

#### REFERENCES

1. Kritskii M.J., Lanis A.L., Sukhorukov A.F., Kolishkin S.V. [The causes deformations of buildings and structures in Novosibirsk] Bulletin of Irkutsk State Technical University .no 1. 2005. pp. 20 - 24 . (in Russia)

2. Kritskii M.J., Sukhorukov A.F. , CHernousov S.I.[Features of engineering-geological conditions of Novosibirsk and ways of creating reliable groundwater reason]. City. Past present Future. Problems of development and management at the threshold of the III millennium. Irkutsk, 2000, p. 90-94. (in Russia)

3. Kritskii M.J., Sukhorukov A.F., Lubyagina A.V. [Ways of solving the problem of strengthening the soil bases of objects based on engineering-geological conditions of Novosibirsk]. Proceedings of the International Symposium. Engineering - geological problems of urban areas, Mr. Yekaterinburg, 30 July to 2 August, 2001, vol. 2, pp. 727-731. (in Russia)

4. Aref'eva L.D. [Geotechnical conditions of the builder -tion subway in Novosibirsk]. Questions geology, wasps Considerations and foundation. Proceedings NIIZHT. Vol. 106. Novosibirsk. 1970. pp. 98-110. (in Russia)

5. VV Remnev Examination of technical state of construction of buildings and structures. Textbook I. V. Belts, A.S. Morozov G.P. Thin. Moscow. ZHDT UMTS. 2005. 196 p. (in Russia)

6. Mulyukov E.I. [The classification of the causes of failure of the foundations]. Foundations. no 3. 1992. pp. 28-30. (in Russia)

7. Bagratuni G.V., Ganshin V.I., Danilevich B.B. And others. Engineering surveying. Textbook for Universities. 3rd ed., Revised. and ext. Moscow. Nedra, 1984. 344 pp. (in Russia)

8. Ledenev V.I. Organization and technology of construction and repair works in the reconstruction and overhaul of the citizensing buildings. Part 1.General. Restoring and strengthen-

ing the bases and foundations. studies. Benefit. V.I. Ledenev, I.V. Matveeva, E.V. Alain - Chewa , I.V. Giyasova. Tambov. Publishing House of the Thumb. State. tehn. University Press, 2006. 100 p. (in Russia)

9. Vlasov V.A., Karpov A.E., Kopanitsa D.G., Laskovenko A.G. ,Laskovenko G.A. [On the simulation of the life cycle of buildings and structures in elevated liability method on the basis of the process]. Bulletin of the Tomsk State Architectural university, no 5. 2016. pp. 161-166. (in Russia)

10. Rabtsevich O.V., Maslova E.A. [Features of management of housing capital repairs]. Bulletin of the Tomsk State Architectural university. no 3. 2014. pp. 201-209. (in Russia)

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Воробьев Валерий Степанович (Новосибирск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, «Технология, организация и экономика строительства». ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения». (630049, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, e-mail: Vorobjev@stu.ru).*

*Vorob'ev Valeriy Stepanovich (Novosibirsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian Transport University (630049, Novosibirsk, ul. D. Kovaltchuk, 191, e-mail: Vorobjev@stu.ru).*

*Синицына Анастасия Сергеевна (Новосибирск, Россия) – аспирант кафедры «Технология, организация и экономика строительства». ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения». (630049, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, e-mail: anastasu-sinicyna@yandex.ru).*

*Sinicyna Anastasu Sergeevna (Novosibirsk, Russia) – post-graduate student Siberian Transport University (630049, Novosibirsk, ul. D. Kovaltchuk, 191, e-mail: anastasu-sinicyna@yandex.ru).*

# РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 51-74

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СУТОЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Е.В. Печатнова  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Россия

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема учета колебаний интенсивности движения. На основе анализа значений фактической интенсивности движения предложена математическая модель в виде функциональной зависимости, учитывающей месяц, день недели и время суток. Кроме того, при моделировании учтены различные распределения интенсивности в различные дни недели, праздничные и предпраздничные дни. Проведена оценка адекватности модели и сравнение ее с существующими методами, которая показала, что предлагаемая зависимость может использоваться для расчета интенсивности в любое заданное время.

**Ключевые слова:** интенсивность движения, моделирование колебаний интенсивности, дорожная сеть, коэффициент неравномерности.

### ВВЕДЕНИЕ

Интенсивность движения является одним из важнейших факторов определяющим безопасность дорожного движения. Ее значения используются при планировании и проведении дорожно-строительных работ на автомобильных дорогах, определении категории дороги, разработке планов и мероприятий по развитию дорожной сети, определении объема инвестиций в дорожную отрасль. Интенсивность необходима для расчета коэффициента загрузки движением, который является комплексным показателем, отражающим условия безопасности, скорости и удобства движения [1], потому определение значения интенсивности на автомобильных дорогах является одной из первостепенных задач при изучении характеристик движения.

Под интенсивностью понимают количество транспортных средств (ТС), проходящих в единицу времени через определенное сечение дороги [2]. Ее значения изменяются в зависимости от времени года, дня недели, вре-

мени суток [3, 4, 5].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При оценке безопасности дорожного движения часто используют максимальное (пиковое) или среднегодовое значение интенсивности движения. При этом интенсивность движения неравномерна в течении суток, поэтому и аварийность на дороге будет изменяться в этот период, что указывает на необходимость учета колебаний интенсивности в течение суток в различные дни недели.

В литературе приведено достаточно много расчетов, посвященных изменениям интенсивности в течение суток, недели и года [3, 6, 7, 8, 9]. Однако в большинстве исследований приняты допущения об одинаковом распределении в течении суток в различные дни недели, не учтено распределение в праздничные и предпраздничные дни. Также часто не представлена итоговая закономерность, позволяющая рассчитать интенсивность в любой момент времени.

Таким образом, цель работы заключается в моделировании колебаний суточной интенсивности движения всех дней недели с учетом сезонности.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СУТОЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

В качестве объекта исследования выбрана интенсивность движения на трассе А-322 Барнаул – Рубцовск – государственная граница с Республикой Казахстан в пригородной зоне Барнаула.

При исследовании использованы значения интенсивности на выбранной дороге на учетном пункте Барнаул (11км+777) в 2015 году.

В результате анализ полученных с датчиков данных об интенсивности движения выявлено, что в течение суток наблюдаются значительные колебания интенсивности движения (рис. 1).

Характер кривых схож, а различная амплитуда вызвана сезонными колебаниями интенсивности движения.

Для исключения сезонного влияния на интенсивность движения рассчитана относительная интенсивность, характеризующая изменение интенсивности движения в течение суток независимо от сезонных колебаний:

$$I_i^{\text{отн}} = \frac{I_i^k}{I_{\text{ср}}^j}, \quad (1)$$

где  $I_i^k$  – интенсивность движения в  $k$ -й час  $i$ -го дня недели;

$I_{\text{ср}}^j$  – средняя интенсивность в  $i$ -й день недели в  $j$ -й месяц.

Выявлено, что относительная интенсивность одноименного дня недели в течение года постоянна т. е.:

$$I_i^{\text{отн}} = \text{const}, \quad (2)$$

Изменения интенсивности во вторник, среду и четверг отличаются незначительно (<3 %), поэтому с достаточной степенью точности можно использовать их среднюю величину:

$$I_{2-4} = \frac{I_2 + I_3 + I_4}{3}, \quad (3)$$

где  $I_2, I_3, I_4$  – закон изменения интенсивности во вторник, среду и четверг соответственно.

Колебания суточной интенсивности в выходные дни значительно отличаются от колебаний в будничные дни.

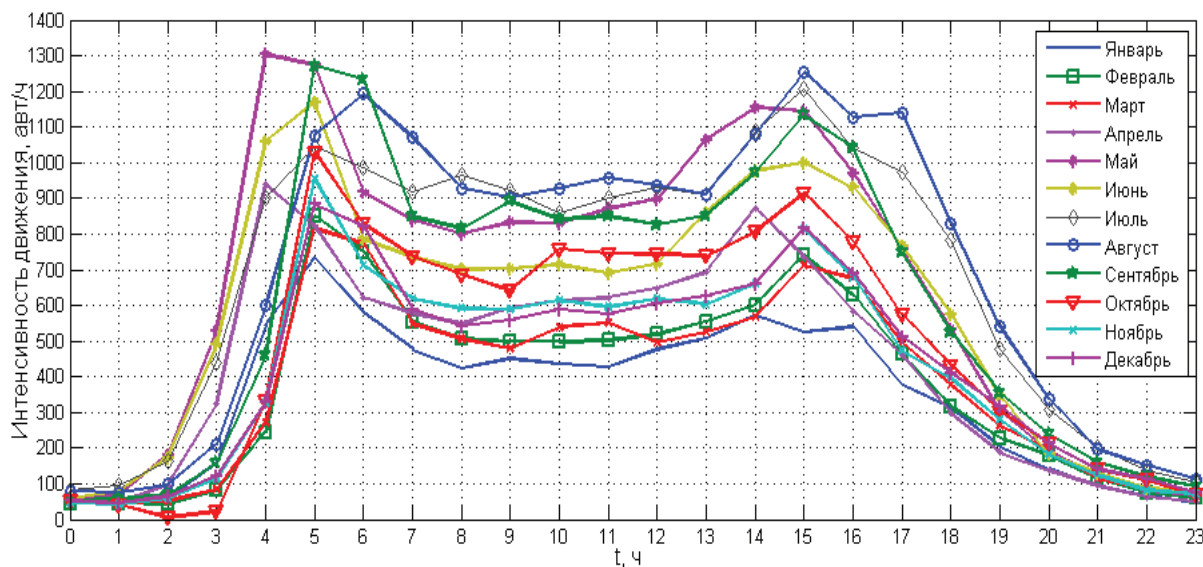


Рисунок 1 – Колебания интенсивности (средние за месяц) в течение дня в понедельник

Изменение интенсивности движения от времени  $t$  в  $i$ -й день недели показано на рисунке 2.

В ходе исследования проведена оценка изменения интенсивности движения в праздничные дни. Анализ показал, что в праздничные дни, выпадающие на будни, интенсивность движения меняется аналогично воскресному дню. Таким образом, получено несколько законов изменения относительной интенсивности движения, учитывающие её колебания в течение недели и времени суток.

Для нахождения распределения фактической интенсивности в течение суток для любого месяца этот закон необходимо учитывать сезонные колебания интенсивности движения, характеризуемые коэффициентом  $K_M$ , рассчитанный по формуле:

$$K_M = \frac{I_M^j}{I_q^{200}} \quad (4)$$

где  $I_M^j$  – средняя часовая интенсивность движения в  $j$ -й месяц;

$I_q^{200}$  – средняя часовая интенсивность в год.

Исследуя динамику роста интенсивности на трассе А-322 начиная с 2011 года, выявлено, что общая годовая интенсивность ( $I_q^{200}$ ) ежегодно возрастает в среднем на 4 %, что необходимо учитывать при прогнозировании интенсивности движения в последующие годы.

Используя инструменты анализа данных пакета программ Matlab, подобрано распределение, наиболее полно описывающее изменение относительной интенсивности движения ( $R^2 \approx 0,99$ ) и получены численные значения коэффициентов  $a_i^j, b_i^j, c_i^j$  рассчитанного распределения.

Закон изменения интенсивности движения в любой час года примет вид:

$$f(x) = N_q^{200} \cdot K_\Gamma \cdot K_M \cdot \begin{cases} \sum_{i=1}^4 a_i^1 \cdot e^{-\left(\frac{t-b_i^1}{c_i^1}\right)^2}, & \text{при } И=И_1 \\ \sum_{i=1}^4 a_i^2 \cdot e^{-\left(\frac{t-b_i^2}{c_i^2}\right)^2}, & \text{при } И=И_{2-4} \\ \sum_{i=1}^4 a_i^5 \cdot e^{-\left(\frac{t-b_i^5}{c_i^5}\right)^2}, & \text{при } И=И_5 \\ \sum_{i=1}^3 a_i^6 \cdot e^{-\left(\frac{t-b_i^6}{c_i^6}\right)^2}, & \text{при } И=И_6 \\ \sum_{i=1}^3 a_i^7 \cdot e^{-\left(\frac{t-b_i^7}{c_i^7}\right)^2}, & \text{при } И=И_7 \end{cases} \quad (5)$$

где  $K_\Gamma$  – годовой коэффициент, для 2015 года.  $K_\Gamma=1$ ;



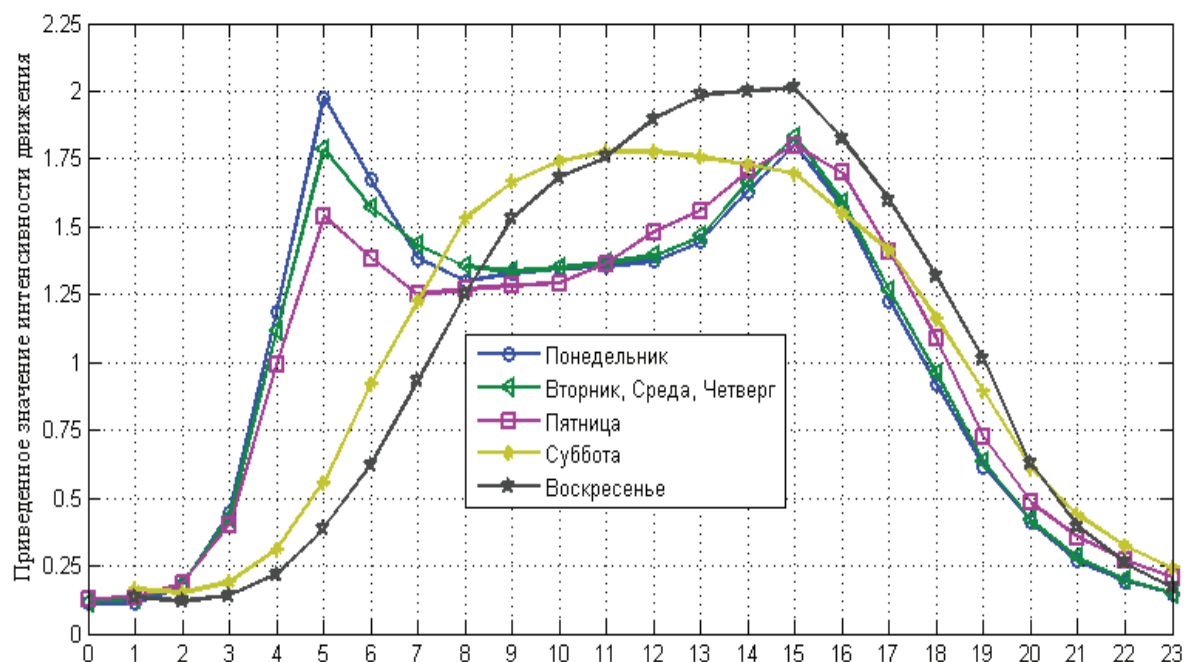


Рисунок 2 – Колебания интенсивности движения в  $i$ -й день недели

## ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ

В настоящее время для реализации целей и задач управления автомобильными дорогами регионов, связанных с использованием значений интенсивности движения Федеральным дорожным агентством (Росавтодор) разработаны методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог (ОДМ 218.2.020-2012). С помощью них можно произвести расчет суточной и часовой интенсивности в течение года. Для разработки мероприятий по повышению безопасности дорожного движения используется часовая интенсивность (авт/час), которую, согласно методике, можно рассчитать по следующей формуле [1]:

$$N_{\text{ч}} = \frac{N_{\text{сут}} \cdot 365 \cdot K_t \cdot K_n \cdot K_r}{4}, \quad (6)$$

где  $N_{\text{сут}}$  – среднегодовая суточная интенсивность движения авт/сут,

$K_t$  – коэффициент неравномерности движения по часам суток,

$K_n$  – коэффициент неравномерности движения по дням недели,

$K_r$  – коэффициент неравномерности движения по месяцам года

Используя коэффициенты  $K_t$ ,  $K_n$ ,  $K_r$  из таблицы В.1 методики, реальную среднегодовую суточную интенсивность движения на автомобильной дороге А 322 по формуле (6) рассчитаны часовые интенсивности движения для случайных дат (4 апреля, 9 марта, 7 сентября, 17 декабря).

Сравнение фактических данных, результата расчета по полученному в ходе исследования распределению (5) и с использованием формулы (6) показаны на рисунке 3.

Оценка адекватности модели проведена по F-критерию Фишера [10], для чего были рассчитаны дисперсии значений, полученных по формулам (5), (6) и фактических значений в случайно выбранные даты. Расчет подтвердил адекватность предлагаемого распределения. Значения, полученные по формуле (6) существенно отличаются от фактических и согласно сравнению рассчитанных значений F-критерия адекватность формулы (6) не подтверждается.

Существенная разница между фактическими значениями и расчетными по методике Росавтодора объясняется отсутствием учета

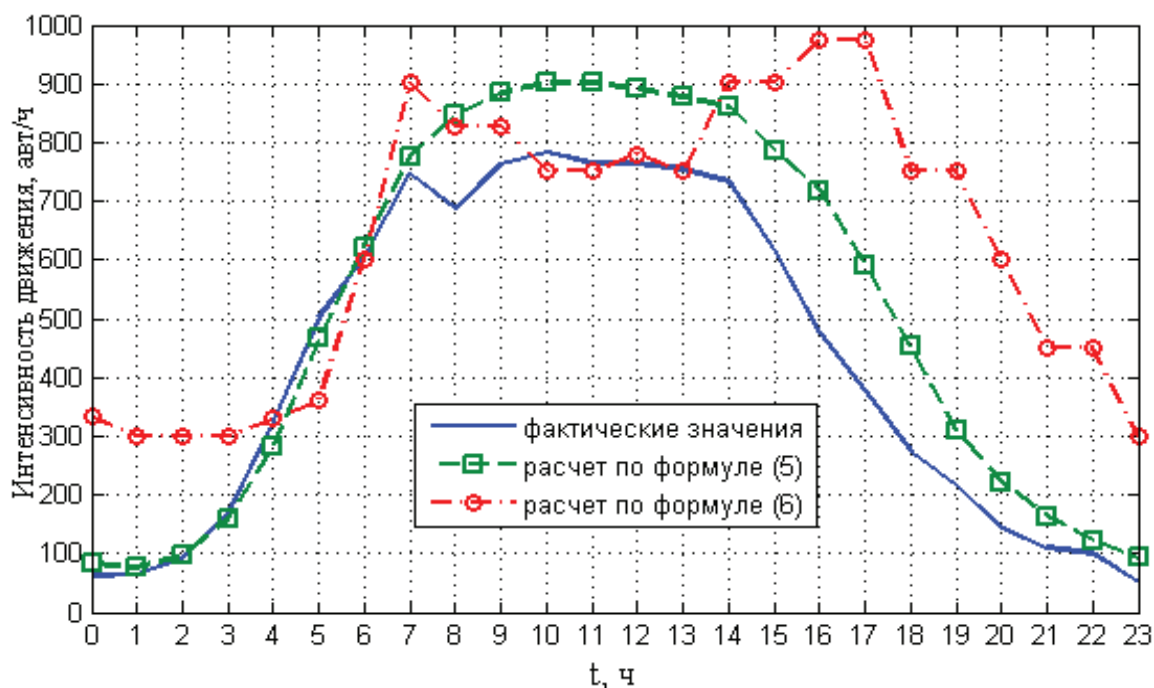


Рисунок 3 – Сравнение результатов расчета интенсивности движения по различным методикам с фактическими значениями

различного распределения интенсивности по часам в течение дней недели, отсутствием учета праздничных дней, кроме того, предложенный коэффициент неравномерности движения по часам суток предполагает меньшую амплитуду колебания в ночное и дневное время суток.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования выявлено, что в течение суток наблюдаются существенные колебания интенсивности движения. Закон изменения интенсивности в течение суток одинаков для каждого месяца. Предложена модель для оценки интенсивности в любое заданное время. Следует учитывать, что в случае если будний день является нерабочим (или праздничным), то его интенсивность будет изменяться согласно закону изменения интенсивности воскресного дня, а в предпраздничные по закону изменения интенсивности пятницы. Согласно проведенной оценке адекватности полученной модели (распределения) результаты могут использоваться при разработке мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, а также при планировании и проведении дорожно-строительных работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анохин Б.Б. Система автоматизированного учета интенсивности и состава движения на автомобильных дорогах федерального значения / Б.Б. Анохин // Дороги и мосты. – 2010. – №24. – С 196-218
2. ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М: Росавтодор, 2012 г. – 148 с.
3. Малюгин П.Н. Теория и моделирование транспортных потоков и систем: конспект лекций по дисциплине «Теория и моделирование транспортных потоков и систем» / П.Н. Малюгин. – Омск: СИБАДИ, 2012. – 45 с.
4. Левашев А.Г. Проектирование регулируемых пересечений: Учеб. Пособие / А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
5. Акулов В.В. Анализ методов учёта интенсивности движения на автомобильных дорогах / В.В. Акулов // Интернет-журнал Науковедение. – 2012. – №4(13) . – С.141-148
6. Игнатов, А.В. Совершенствование управления перевозками с учетом риска возникновения транспортного затора на улично-дорожной сети города: дисс. канд. техн. наук: 05.22.10 / Игнатов Антон Валерьевич. – Саратов, 2015. – 149 с.

7. Брехман А.И. Исследование транспортно-эксплуатационных показателей и определение их закономерностей на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан / А.И. Брехман, В.И. Мусин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – №4. – С.313-319

8. Jung-Ah Ha Estimating Annual Average Daily Traffic Using Daily Adjustment Factor / Jung-Ah Ha, Ju-Sam Oh // Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences. –

2014. – №5. – pp. 580-587

9. Dr. Md. Shamsul Hoque Investigation of traffic flow characteristics of Dhaka-Syijiet highway (N-2) of Bangladesh / Dr. Md. Shamsul Hoque, Muhammad Ahad Ullah. Dr. Hainid Nikraz // International journal of civil engineering and technology (IJCET) . – 2013. – №4. – pp. 55-65

10. Чуян, Р.К. Методы математического моделирования двигателей летательных аппаратов: учеб. Пособие / Р.К. Чуян. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.

## MATHEMATICAL MODELING OF CHANGES DAILY TRAFFIC VOLUME

E. Pechatnova

**Annotation.** The problem of taking into account traffic density fluctuations. Based on the analysis of actual traffic intensity values of the mathematical model in the form of a functional relationship, taking into account the month of the year, day of week and time of day. In addition, in the simulation takes into account the different intensity distribution in the different days of the week, holidays and pre-holidays. The evaluation of the adequacy of the model and its comparison with existing methods, which showed that the proposed relationship can be used to calculate the intensity at any given time.

**Keywords:** traffic, simulation of oscillations of traffic, road network, coefficient of uniformity.

### REFERENCES

1. Anohin B.B. Sistema avtomatizirovannogo ucheta intensivnosti i sostava dvizheniya na avtomobil'nyh dorogah federal'nogo znachenija [The system of automated accounting of the intensity and composition of traffic on motor roads of Federal importance]. Dorogi i mosty, 2010, no 24, pp. 196-218.

2. ODM 218.2.020-2012. Metodicheskie rekomendacii po ocenke propusknnoj sposobnosti avtomobil'nyh dorog [Guidelines for the assessment of road capacity]. Moscow, Rosavtodor, 2012, 148 p.

3. Maljugin P.N. Teorija i modelirovanie transportnyh potokov i sistem: konspekt lekcij po discipline «Teorija i modelirovanie transportnyh potokov i sistem» [Theory and modelling of transport flows and systems: the abstract of lectures on discipline «Theory and simulation of transport flows and systems»]. Omsk, SibADI, 2012. 45 p.

4. Levashev A.G., Mihajlov A.Ju., Golovnyh I.M. Proektirovanie reguliruemyh peresechenij [Design of controlled intersections]. Irkutsk, IrGTU, 2007. 208 p.

5. Akulov V.V. Analiz metodov uchjota intensivnosti dvizheniya na avtomobil'nyh dorogah [Analysis of methods of capturing traffic on the

roads]. Internet-zhurnal Naukovedenie, 2012, no 4(13), pp. 141-148.

6. Ignatov A.V. Sovershenstvovanie upravleniya perevozkami s uchetom riska vzniknoveniya transportnogo zatora na ulichno-dorozhnoj seti goroda: diss. kand. tehn. nauk: 05.22.10 [Improvement of management of transportation, taking into account risk of occurrence of traffic congestion on the road network of the city]. Saratov, 2015. 149 p.

7. Brehman A.I., Musin V.I. Issledovanie transportno-jekspuatacionnyh pokazatelej i opredelenie ih zakonemnostej na obhodnyh avtomobil'nyh dorogah vokrug srednih i malyh gorodov Respubliki Tatarstan [The study of transport performance indicators and determination of their regularities on bypass roads around small and medium cities of the Republic of Tatarstan], Izvestija Kazanskogo gosudartsvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2014, no 4, pp. 313-319

8. Jung-Ah Ha, Ju-Sam Oh Estimating Annual Average Daily Traffic Using Daily Adjustment Factor [Estimating Annual Average Daily Traffic Using Daily Adjustment Factor], Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 2014, no 5, pp. 580-587

9. Dr. Md. Shamsul Hoque, Muhammad Ahad

Ullah. Dr. Hainid Nikraz Investigation of traffic flow characteristics of Dhaka-Syijiet highway (N-2) of Bangladesh [Nikraz Investigation of traffic flow characteristics of Dhaka-Syijiet highway (N-2) of Bangladesh], International journal of civil engineering and technology (IJCET), 2013, no 4, pp.55-65

10. Chujan R.K. Metody matematicheskogo modelirovaniya dvigatelej letatel'nyh apparatov [Methods of mathematical modeling of aircraft engines], Moscow, Mashinostroenie, 1988. 288 p.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

*Печатнова Елена Владимировна (Барнаул, Россия) – аспирант кафедры «Теоретическая кибернетика и прикладная математика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (656049, Барнаул, пр. Ленина, 61, e-mail: phukcia@yandex.ru).*

*Pechatnova Elena Vladimirovna (Barnaul, Russia) – postgraduate «Theoretical Cybernetics and Applied Mathematics» Altai State University (656049, Barnaul, Lenin av., 61, e-mail: phukcia@yandex.ru).*

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

# РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 338.45:621.31 + 621.31(470.41)

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

А.А. Гибадуллин

НОУ ВО «Московский технологический институт», г. Москва, Россия;  
ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», г. Москва, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены предпосылки зарождения, становления и развития Евразийского экономического союза, в рамках которого созданы общие рынки товаров и услуг, обеспечивается свободный переток капиталов и рабочей силы, и поставлены стратегические задачи по конвергенции национальных производств в общий наднациональный промышленный комплекс. Проведенный анализ промышленного потенциала государств-членов Евразийского экономического союза показал, что наблюдается тенденция к падению объема произведенной промышленной продукции и сокращению инвестиций в основной капитал. На основе полученных результатов в статье сформулированы механизмы развития промышленного потенциала Евразийского экономического союза.

**Ключевые слова:** Евразийский экономический союз, объем промышленной продукции, промышленный потенциал, национальная экономика, инновационное развитие.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных национальных государств сложно представить без взаимодействия с соседними странами по основным мировым экономическим и политическим вопросам. Одним из наиболее популярных форм сотрудничества является международная экономическая интеграция, которая основана на сближении и конвергенции стран, разработке и реализации совместных программ и проектов, взаимообмене ресурсами и технологиями между участниками объединения. В мире функционирует более ста интеграционных группировок, в большинстве из которых подписаны соглашения о сотрудничестве, однако, они носят более рамочный и рекомендательный характер, но часть союзов и альянсов эффективно функционирует в современной реальности.

Российская Федерация является активным участником интеграционных группировок, среди которых можно выделить ООН, БРИКС, Большая восьмерка и т.д., но, иногда она вы-

ступает лидером интеграционных блоков, таких как Содружество Независимых Государств, Евразийский экономический союз (ЕАЭС), Организация договора о коллективной безопасности и других. Если, многие организации созданные на базе бывшего Советского Союза функционируют формально, а за последние годы не были реализованы крупные проекты, то вновь сформированный Евразийский экономический союз уже реализует несколько крупных программ, направленных на конвергенцию национальных экономик [1].

Развитие Евразийского экономического союза берет свое начало с 2007 года с подписания договора о создании Таможенного союза Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации, в рамках которого были отменены таможенные пошлины и разработана общая таможенная политика с третьими странами. Следующим этапом объединения национальных государств становится подписание в 2014 году договора о создании Евразийского экономического союза, в кото-



рый вошли Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Республика Кыргызстан и Российская Федерация.

На территории Евразийского экономического союза созданы общие рынки товаров и услуг, в рамках которых осуществляется свободная продажа товаров и услуг, осуществляется беспрепятственный переток рабочей силы и капиталов. На сегодняшний день, приняты наднациональные соглашения и концепции по объединению промышленных комплексов государств-членов Евразийского экономического союза [2; 3; 4].

### АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

В условиях нестабильности мировой финансово-экономической системы, падения промышленного производства, отсутствия инвестиционных и инновационных ресурсов представляется актуальным проанализировать национальнообразующие отрасли государств-членов Евразийского экономического союза и предложить мероприятия по их развитию.

На рисунке 1 представлен объем промышленной продукции в государствах-членах ЕАЭС.

Из представленного рисунка видно, что

около 90% промышленной продукции производится на территории Российской Федерации, в Республике Армения и Республике Кыргызстан, данный показатель не превышает 0,4% от общего объема промышленной продукции Евразийского экономического союза.

Структура промышленного капитала в национальных государствах складывается из горнодобывающей (добыча полезных ископаемых) и обрабатывающей промышленности, производства и распределения электрической и тепловой энергии.

Рассмотрим объемы добычи полезных ископаемых, представленные на рисунке 2.

Добыча природных ресурсов в Республике Армения, Республике Беларусь и Республике Кыргызстан практически не происходит, а в Республике Казахстан горнодобывающая промышленность и разработка карьеров достигает 50% в общем объеме произведенной продукции, в Российской Федерации данный показатель достигает 23%.

Далее проанализируем объемы обрабатывающей промышленности в национальных государствах (рисунок 3).

Обрабатывающая промышленность занимает большую часть в объеме промышленной продукции в государствах, в которых отсутствуют полезные ископаемые, так, в Республике Беларусь показатель достигает 90%, а в Республике Кыргызстан и Республике Армения 78% и 62% соответственно. Вместе с тем,

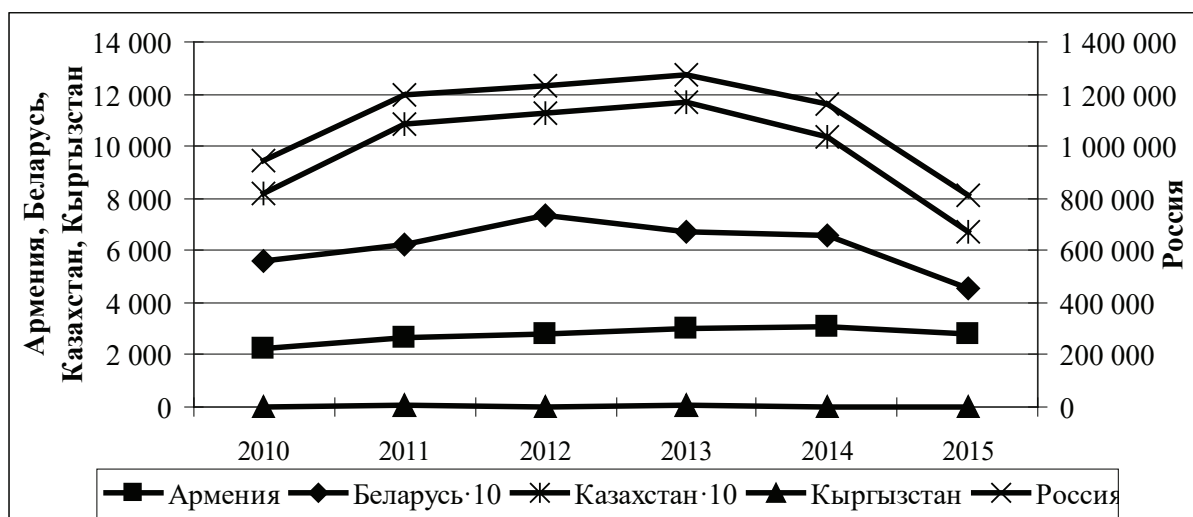


Рисунок 1 – Объем промышленной продукции государств-членов ЕАЭС, в текущих ценах; млн. долл. США [5, с. 82]

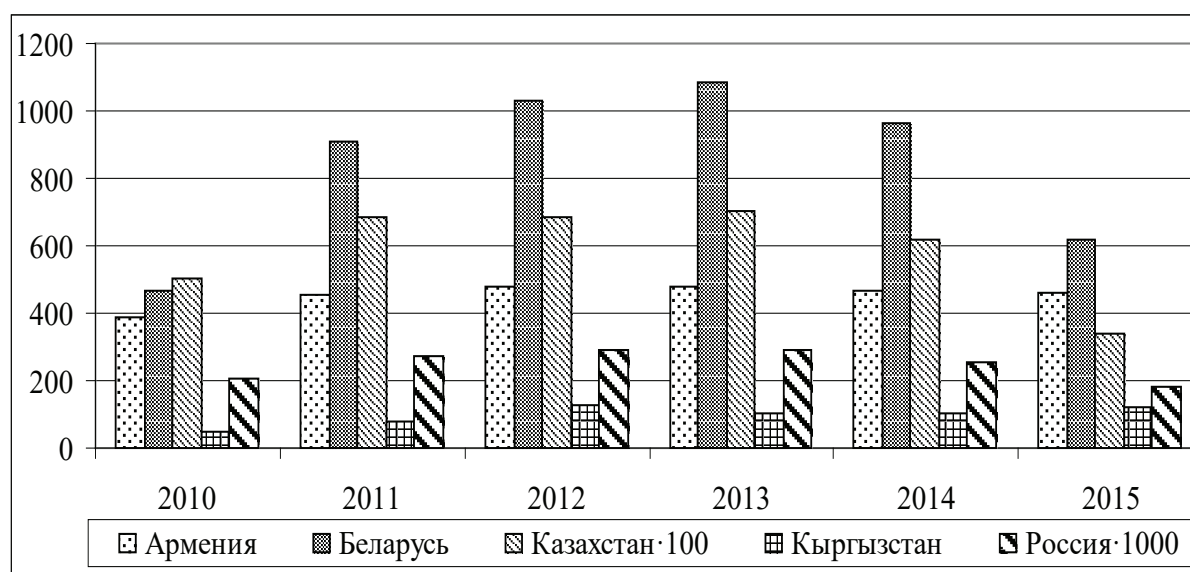


Рисунок 2 – Объемы добычи полезных ископаемых в государствах-членах ЕАЭС, в текущих ценах; млн. долл. США [5, с. 82]

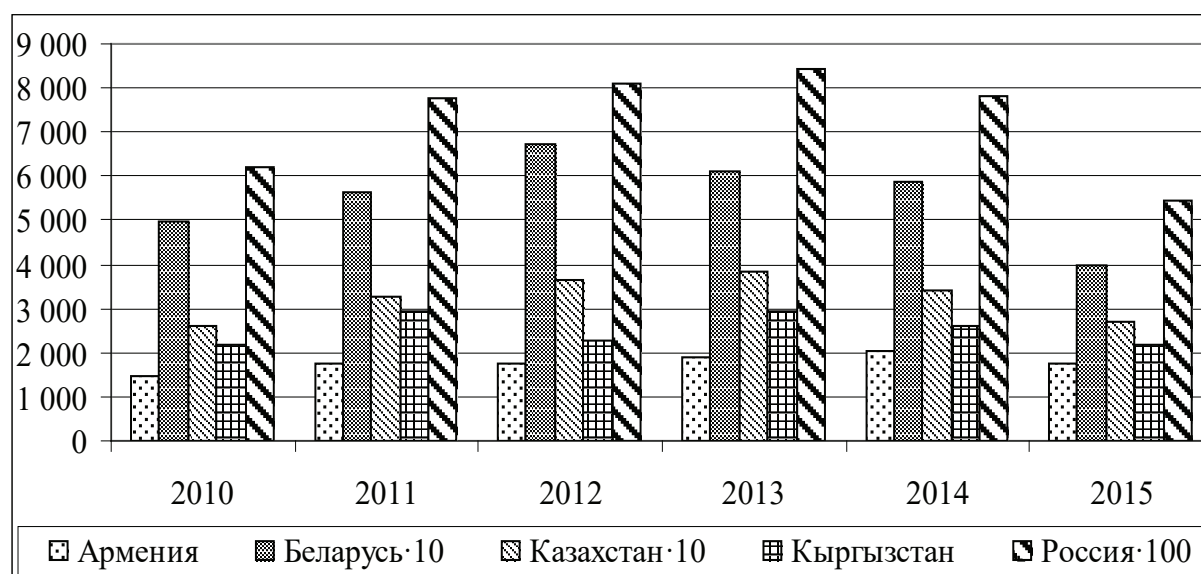


Рисунок 3 – Объемы обрабатывающей промышленности в государствах-членах ЕАЭС, в текущих ценах; млн. долл. США [5, с. 82]

в Российской Федерации объем обрабатывающей промышленности достигает 67% в общем промышленном производстве, а в Республике Казахстан – 41%.

На рисунке 4 представлены объемы производства и распределения электрической и тепловой энергии в национальных государствах.

Доля производства и распределения электрической и тепловой энергии в общем объеме промышленной продукции достигает 10-15%, что, в целом, свидетельствует о равномерности электроэнергетической отрасли в национальной структуре промышленного производства государств-членов ЕАЭС.

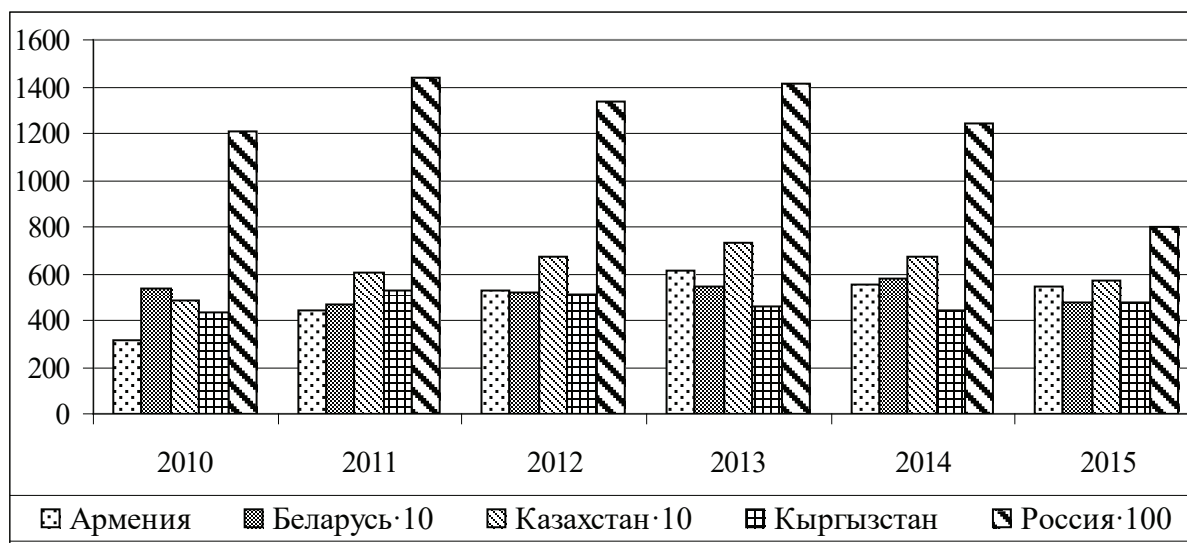


Рисунок 4 – Объемы производства и распределения электрической и тепловой энергии в государствах-членах ЕАЭС, в текущих ценах; млн. долл. США [5, с. 82]

При рассмотрении рисунков 1-4, можно видеть, что во всех странах наблюдается существенное сокращение объемов промышленного производства по различным видам экономической деятельности, что, безусловно, отрицательно влияет как на национальную экономику, так и на экономику Евразийского экономического союза в целом.

Далее рассмотрим инвестиции в основной капитал в государствах-членах ЕАЭС (рисунок 5).

Представленный рисунок свидетельствует о том, что инвестиции в основной капитал в государствах-членах Евразийского экономического союза в 2015 году упали в два раза по сравнению с 2013 годом, безусловно, подобное падение финансовых вливаний в национальную промышленность отрицательно сказалось на производстве в целом.

Таким образом, проведенный анализ промышленного потенциала Евразийского эконо-

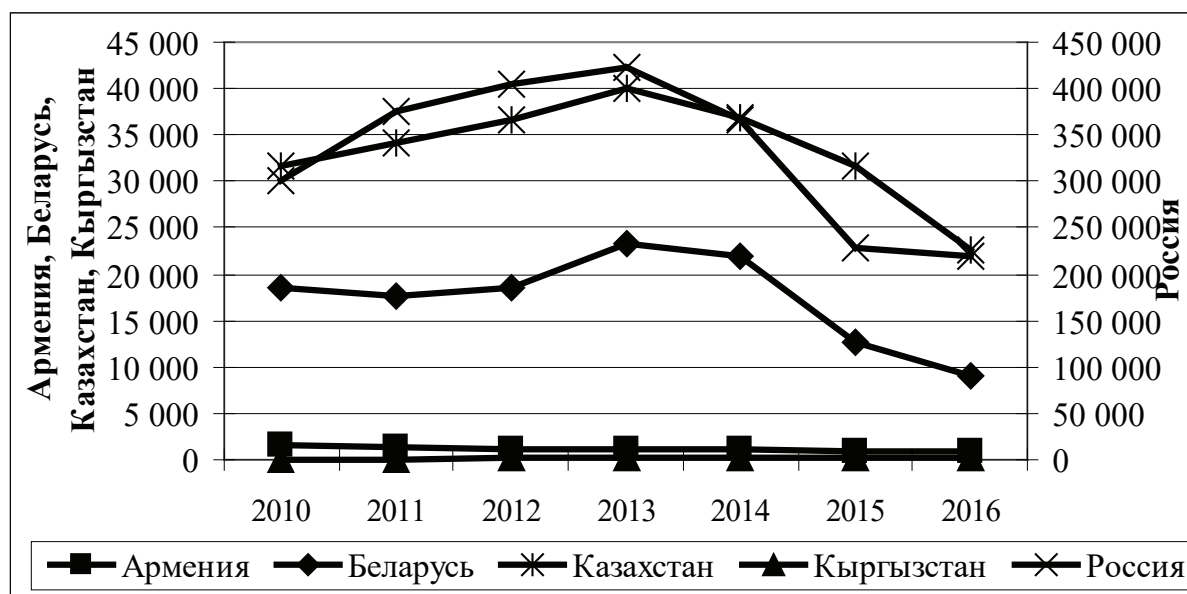


Рисунок 5 – Инвестиции в основной капитал, в текущих ценах; млн. долл. США [5, с. 82]

мического союза свидетельствует не только о разности по масштабам национальных отраслей, но и развитости видов экономической деятельности. В условиях сложившейся ситуации необходимо предложить механизмы, направленные на повышение эффективности и развитости промышленного производства Евразийского экономического союза.

### **МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

Важнейшим направлением развития промышленности должен стать постепенный переход на инновационные способы производства [6; 7; 8; 9]. В рамках данного направления целесообразно выделить становление и развитие новой системы подготовки кадров по основным видам экономической деятельности и открытие специализированных научно-исследовательских центров, в которых будет разрабатываться новая технология производства. Безусловно, развитие инновационной деятельности можно основывать на различных механизмах, но, в условиях кризиса и отсутствия инвестиционных ресурсов целесообразно направления сместить в призму минимума затрат.

Развитие отраслей промышленности в рамках наднационального союза целесообразно основывать на модификации системы подготовки кадров для отраслей промышленности [10]. Одним из перспективных направлений является создание общих концепций и программ по подготовке специалистов для отраслей промышленности, научно-педагогических кадров, формированию общих университетов на территории стран ЕАЭС, все это может придать дополнительный импульс для поиска новых средств производства и перехода традиционной экономики на инновационную модель развития. В свою очередь, разработку инновационных технологий целесообразно поручить тем странам, на территории которых развит определенный вид деятельности, при этом, другие направления возложить на профильные страны.

Следующим направлением развития является объединение промышленных предприятий и локализация производства [11]. С целью повышения эффективности и прибыльности бизнеса целесообразно рассмотреть вопрос об объединении отдельных предприятий в крупные транснациональные корпорации.

Подобные компании обладают способностью долгосрочного планирования производственной деятельности, проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских изысканий на базе собственного бизнеса и маркетинговой кампании на глобальном рынке товаров и услуг.

Под локализацией производства следует понимать размещение промышленных объектов на определенных территориях с целью сокращения затрат на производство и доставку товаров и услуг. В рамках данного направления предлагается на наднациональном уровне принять программы развития территорий Евразийского экономического союза, с учетом которых планировать размещение производств. На наш взгляд, с целью удовлетворения данной задачи, производства целесообразно размещать на приграничных территориях, в результате чего, для бизнеса открываются не только наднациональный рынок, но и национальный, региональный и местный. Безусловно, все это необходимо развивать в рамках паритетного участия национальных государств в вопросах планирования развития территорий Евразийского экономического союза.

В рамках ЕАЭС сформировался дополнительный потенциал, связанный с отменой таможенных преград участникам союза, в результате чего, странам открываются новые пути для выхода на глобальные рынки товаров и услуг. В рамках данного направления предлагается сформировать общую наднациональную политику по популяризации продукции, изготовленной на территории ЕАЭС, и ее продвижения на глобальный рынок товаров и услуг. Все это можно решить за счет создания транснациональной корпорации, однако, на сегодняшний день функционируют производства, объединение которых потребует длительных взаимосогласований. Решение поставленной задачи необходимо решать за счет заключения двухсторонних соглашений с третьими странами по вопросам поставки товаров и услуг, произведенных на территории Евразийского экономического союза, а также популяризации продукции на глобальных рынках товаров и услуг.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В проведенном исследовании были рассмотрены основные предпосылки формирования международных экономических объединений. Российская Федерация, являясь активным участником интеграционных груп-

пировок, зачастую выступает лидером этих альянсов и союзов, одним из которых стал Евразийский экономический союз, который за достаточно короткое время трансформировался из таможенного союза в экономический блок, объединивший Республику Армению, Республику Беларусь, Республику Казахстан, Республику Кыргызстан и Российскую Федерацию. С советских времен республиканская экономика развивалась за счет наличия крупных промышленных центров и производств, функционирующих и в настоящее время. Проведенный анализ промышленного потенциала Евразийского экономического союза показал падение объемов производства промышленной продукции в национальных государствах и сокращение инвестиций в основной капитал, что, безусловно, влияет на стабильность и эффективность наднациональной промышленной отрасли. В результате выявленных проблем были предложены концептуальные механизмы развития промышленного производства, которые связаны со следующим:

- переходом на инновационные техники и технологии;
- созданием единых требований по подготовке отраслевых специалистов и научно-исследовательских кадров;
- объединением национальных промышленных предприятий в транснациональные корпорации;
- формированием единой политики по популяризации продукции, изготовленной на территории ЕАЭС.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазьев С.Ю. Европейский союз и Евразийское экономическое сообщество: сходство и различие процессов интеграционного строительства / С.Ю. Глазьев, В.И. Чушкин, С.П. Ткачук. - М.: ООО «ВИКОР МЕДИА», 2013. - 240 с.
2. Гибадуллин А.А. Формирование механизмов развития электроэнергетической отрасли Республики Казахстан в период формирования общего рынка электрической энергии Евразийского Экономического Союза / А.А. Гибадуллин // Вестник НГИЭИ. - 2017. - № 6 (73).

- С. 123–133.

3. Логинов Е.Л. Нефтяные и газовые рынки России и ЕАЭС: пути развития в условиях макроэкономической нестабильности / Е.Л. Логинов, С.И. Борталевич. - М.: ИПР РАН, 2016. - 158 с.

4. Романова Ю.А. Финансовые вопросы государственного регулирования АПК в условиях интеграции стран-участниц СНГ / Ю.А. Романова // Научное обозрение. - 2016. - № 11. - С. 175-177.

5. Евразийский экономический союз в цифрах: краткий статистический сборник. - М.: Евразийская экономическая комиссия, 2017. - 204 с.

6. Харитонов В.Н. Формирование системы управления корпоративными знаниями как фактор устойчивого развития организации / В.Н. Харитонов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. - 2011. - №4 (127). - С. 165-169.

7. Freeman C. The National System of Innovation in Historical Perspective // Cambridge Journal of Economics. - 1995. - No 19. - P. 7-8.

8. Biryukov V.V. Cyclic-Temporal Competitive Advantages of the National Economy and Entrepreneurship Development / V.V. Biryukov, E.V. Romanenko, S.M. Khairova, B.G. Khairov // Mediterranean Journal of Social Sciences. - 2015. - Vol.6 - No 4. - P. 64-71. DOI: 10.5901/mjss.2015.v6n4s4p64

9. Biryukov V.V. The formation of territorial innovation models / V.V. Biryukov, E.V. Romanenko // Indian Journal of Science and Technology. - 2016. - Vol. 9. - No 12. P. 89534.

10. Афанасьев В.Я. Модернизация концепции управления / В.Я. Афанасьев, А.В. Райченко // Вестник Университета (Государственный университет управления). - 2013. - № 7. - С. 221-228.

11. Гибадуллин А.А. Анализ технико-технологической устойчивости электроэнергетической отрасли Республики Беларусь в период формирования Общего рынка электрической энергии Евразийского экономического союза // Надежность и безопасность энергетики. - 2017. - Т. 10, №2. - С. 106-112. DOI: 10.24223/1999-5555-2017-10-2-06-112.

## CONCEPTUAL DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION

A. Gibadullin

**Annotation.** The article considers the preconditions for the emergence, formation and development of the Eurasian Economic Union, within which common markets for goods and services are created, a free



*flow of capital and labor is ensured, and strategic tasks are set for convergence of national industries into a common supranational industrial complex. The analysis of the industrial potential of the member states of the Eurasian Economic Union showed that there is a tendency to a fall in the volume of manufactured industrial products and a reduction in investments in fixed assets. Based on the results obtained, the article outlines the mechanisms for developing the industrial potential of the Eurasian Economic Union.*

**Keywords:** Eurasian Economic Union, volume of industrial production, industrial potential, national economy, innovative development.

## REFERENCES

1. Glaz'ev S.Yu., Chushkin V.I., Tkachuk S.P. *Evropeiskii soyuz i Evraziiskoe ekonomicheskoe soobshchestvo: skhodstvo i razlichie protsessov integratsionnogo stroitel'stva* [The European Union and the Eurasian Economic Community: Similarities and Differences in the Process of Integration Construction]. Moscow, VIKOR MEDIA, 2013. 240 p.
2. Gibadullin A.A. Formirovanie mekhanizmov razvitiya elektroenergeticheskoi otrasli Respubliki Kazakhstan v period formirovaniya obshchego rynka elektricheskoi energii Evraziiskogo Ekonomicheskogo Soyuza [Formation of mechanisms for the development of the electric power industry of the Republic of Kazakhstan during the formation of the common electricity market of the Eurasian Economic Union]. *Vestnik NGIEI*, 2017, no 6 (73), pp. 123-133.
3. Loginov E.L., Bortalevich S.I. *Neftyanye i gazovye rynki Rossii i EAES: puti razvitiya v usloviyakh makroekonomicheskoi nestabil'nosti* [Oil and gas markets of Russia and the Unified Energy System: ways of development in conditions of macroeconomic instability]. Moscow, IPR RAN, 2016. 158 p.
4. Romanova Yu.A. Finansovye voprosy gosudarstvennogo regulirovaniya APK v usloviyakh integratsii stran-uchastnits SNG [Financial issues of state regulation of the agroindustrial complex in the context of integration of the CIS countries]. *Nauchnoe obozrenie*, 2016, no 11, pp. 175-177.
5. *Evraziiskii ekonomicheskii soyuz v tsifrakh: kratkii statisticheskii sbornik* [Eurasian Economic Union in figures: a brief statistical compilation]. Moscow, Evraziiskaya ekonomicheskaya komisiya, 2017. 204 p.
6. Kharitonova V.N. Formirovanie sistemy upravleniya korporativnymi znaniyami kak faktor ustoychivogo razvitiya organizatsii [Formation of the corporate knowledge management system as a factor in the sustainable development of the organization]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki*, 2011, no 4 (127), pp. 165-169.
7. Freeman C. The National System of Innovation in Historical Perspective [The National System of Innovation in Historical Perspective]. *Cambridge Journal of Economics*, 1995, no 19, pp. 7-8.
8. Biryukov V.V., Romanenko E.V., Khairova S.M., Khairov B.G. Cyclic-Temporal Competitive Advantages of the National Economy and Entrepreneurship Development [Cyclic-Temporal Competitive Advantages of the National Economy and Entrepreneurship Development]. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2015, vol.6, No 4, pp. 64-71. DOI: 10.5901/mjss.2015.v6n4s4p64
9. Biryukov V.V., Romanenko E.V. The formation of territorial innovation models [The formation of territorial innovation models]. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, vol. 9, No 12, pp. 89534.
10. Afanas'ev V.Ya., Raichenko A.V. Modernizatsiya kontseptsii upravleniya [Modernization of the management concept]. *Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyi universitet upravleniya)*, 2013., no 7, pp. 221-228.
11. Gibadullin A.A. Analiz tehniko-tehnologicheskoy ustoychivosti jelektroenergeticheskoi otrasli Respubliki Belarus' v period formirovaniya Obshchego rynka jelektricheskoi energii Evraziiskogo jekonomicheskogo soyuza [Analysis of technical and technological stability of the electric power industry of the Republic of Belarus during the formation of the Common Electricity Market of the Eurasian Economic Union]. *Nadezhnost' i bezopasnost' jenergetiki*, 2017, vol. 10, No 2, pp. 106-112. DOI: 10.24223/1999-5555-2017-10-2-06-112.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гибадуллин Артур Артурович (Москва, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Энергетики» НОУ ВО «Московский технологический институт» (119334, Россия, Москва, Ленинский проспект, 38а); доцент кафедры «Экономика и управления в топливно-энергетическом комплексе» ФГБОУ ВО «Государственный университет



конкуренции...» [4, ст.1 ч.1], «...обеспечения гласности и прозрачности осуществления...» [3, ст.1 ч.1] и «... предотвращения коррупции и других злоупотреблений ...» [3, 4] при совершении закупок.

Участие автотранспортных предприятий в закупках об оказании услуг с организаторами осуществляется в соответствии с Законами либо № 223-ФЗ, либо № 44-ФЗ. Целью прохождения тендерных мероприятий организациями автомобильного транспорта является заключение контракта на выполнения услуг по перевозке грузов или пассажиров.

### УСЛОВИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ТЕНДЕРНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ

Проведение закупки в сфере приобретения товаров, оказания услуг или проведения работ, должно осуществляться в соответствии с законодательством РФ. Выполнение процедуры происходит в электронном виде, с соблюдением сроков размещения. Кроме того, не соблюдение достоверности информации влечёт за собой административные наказания. Поэтому участникам закупки необходимо соблюдать условия, изложенные в извещениях, а организаторам закупки нельзя предъявлять дополнительные запросы, не указанные в документальных требованиях закупки. [5, ст.7.32.3]

Пакет документов с условиями конкурсного отбора по отраслевому признаку выкладывается на сайте государственных закупок [zakupki.gov.ru](http://zakupki.gov.ru) или на порталах коммерческих закупок. Официальный сайт единой информационной системы в сфере государственных закупок, объединяет следующие направления:

- система торгов Сбербанк-АИТ;
- единая электронная торговая площадка;
- общероссийская система электронной торговли;
- электронная площадка России;
- электронная торговая площадка Госзакупки.

Участие в электронных торгах предполагает регистрацию участника на электронной площадке. По выбранному направлению происходит рассмотрение представленных услуг и выбор приемлемых предложений. Представленная информация раскрывает цель и задачи требуемых услуг в области перевозок автомобильным транспортом, а также условия исполнения и сроки подачи заявок.

Компании, участвующие в конкурсном отборе, должны соответствовать требованиям,

представленным заказчиками услуг в Конкурсной документации, изложенным в Положении о закупке и Типовой документации о закупке. Выполнение условий, перечисленных в вышеуказанных документах, даёт возможность организациям, либо выиграть и обеспечить себя на период действия заключённого контракта стабильным доходом, либо не пройти в конкурсном отборе, но показать потенциал своей организации, представить её резервы. Проигрыш в тендере позволяет компании заявить о себе на рынке автотранспортных услуг, но в сложившейся ситуации ставит перед необходимостью пересмотра своих позиций, выставляемых на конкурсный отбор. [6, стр. 24]

Приглашение к участию в закупке, согласно тендерной документации, [7] начинается с официально размещаемого в установленном порядке Извещения и Документации, которые имеют правовой статус приглашения делать оферты (предложения о заключении сделки). Для уточнения намерений организатор торгов сразу в заявке указывает является ли данное предложение офертой или нет. На основании Гражданского Кодекса РФ заказчик услуг может оставлять за собой исключительное право акцептировать (принять), либо отклонить любую адресованную ему оферту.

Процедура проводится в соответствии с условиями, представленными заказчиком в Положении Компании «О закупке товаров, работ, услуг». Участник закупки должен соответствовать индивидуальным для данной закупочной процедуры квалификационным требованиям. Для этого он предоставляет пакет подтверждающих документов.

Предприятия автомобильного транспорта, оказывающие услуги по перевозке, при принятии решения об участии в конкурсных мероприятиях, проводят анализ по соответствию предложенных условий с техническими и экономическими возможностями организации, её внутренним распорядком работы и наличием персонала, соответствием его квалификации. На этом этапе первостепенное значение имеют следующие позиции, указанные в требованиях:

- используемые типы, марки и количество подвижного состава;
- режим работы транспортных средств;
- суточная дальность поездок;
- интенсивность выполнения услуг;
- объём и период работы, планируемых услуг;
- установленная начальная максимальная цена Договора (цена лота).

Заинтересованность специалистов и руководства предприятия в предполагаемом контракте проявляется в подготовке всего перечня документов, необходимого для участия в конкурсном отборе.

Со своей стороны, Организатор закупки (Заказчик) должен предоставить документацию о содержании торгов в полном объеме, с четкими формулировками обязательных требований и включенных понятий, исключающих двусмысленное восприятие представленного материала. В противном случае, внесение организатором дополнений и пояснений в текст документации в период работы с ней претендентов на участие в конкурсе либо увеличивает сроки подготовки документов, либо ставит перед участниками дополнительные новые условия и задачи. Все изменения в документации после опубликования Извещения могут быть внесены организатором на основании Положения о закупках.

Решение о внесении изменений в Извещение и/или Документацию о закупке может быть принято Заказчиком в любой момент до окончания срока подачи заявок. Организатор закупки вправе при необходимости перенести даты окончания подачи заявок (частей заявок), даты рассмотрения и подведения итогов закупки, известив об этом Участников закупки, заявки которых не были отклонены.

Закупочная документация начинается с информации о закупке и организаторе, его контактной информации, месте и дате подачи, и рассмотрения заявок, и подведении итогов закупки. Важной является информация о сроке выполнения планируемых услуг. Также указывается начальная максимальная цена Договора с планируемым объемом работ в единицах расчетного тарифа. Стоимость услуг может рассчитываться как по одноставочному (маш-час, км, ткм), так и по двуставочному (маш-час и км) тарифу. Для оценки выполнения услуг легковым и пассажироперевозящим подвижным составом используется одноставочный тариф, рассматривающий стоимость одного машино-часа или двуставочный. Работа грузовых автотранспортных средств рассчитывается по одноставочному тарифу. Для некоторых видов специальных машин и механизмов в соответствии с конструктивными особенностями и характером выполняемых работ применяются трёхставочные тарифы (маш-час, км, мото-час).

Представление участников закупки начинается с указания формы собственности и финансового состояния, согласно, определенных критериев:

- Устойчивое финансовое состояние;
- Достаточно устойчивое финансовое состояние;
- Неустойчивое финансовое состояние;
- Крайне неустойчивое финансовое состояние.[8]

Предприятия и подразделения, эксплуатирующие автотранспортные средства, как участники конкурса, обязаны обладать приемлемым уровнем устойчивости финансового состояния и соответствовать типовым квалификационным требованиям по виду продукции. Гарантеей достоверности представленных данных служит аккредитация компании, когда официально подтверждается соответствие автотранспортных предприятий принятому стандарту.[9]

Кроме того, у организаций, заявивших своё право на участие в конкурсе по отбору автотранспортных средств для выполнения перевозок, необходимо наличие опыта оказания услуг, аналогичных предмету закупки в объемах и периоде, указанном организатором в тендерной документации. По всем изложенным вопросам участник закупки должен предоставить обосновывающие документы. Подтверждением соответствия квалификационным требованиям будет наличие разрешений: лицензии на осуществление пассажирских перевозок, на осуществление международных грузоперевозок, свидетельство об оказании отдельных видов услуг (например, перевозка нефтепродуктов). Участник закупки должен обладать опытом оказания услуг, аналогичных предмету закупки, в объеме, оговоренном в требованиях по предмету закупки. По данному вопросу необходимо предоставить письмо за подписью руководителя участника закупки, содержащее информацию о среднегодовом физическом объеме услуг и среднегодовой стоимости услуг, копии всех договоров, выполненных и существующих, отчет о финансовых результатах, копии договоров об оказании аналогичных услуг за предшествующий период.

Для исполнения обязательств по договору участники закупки должны обладать материально-производственными ресурсами. Производственная база, включающая подвижной состав и технологические помещения, может находиться в собственности исполнителя, или быть арендованной. Подтверждением будут являться копии документов, удостоверяющих наличие и принадлежность транспортных средств, производственных цехов или договоры аренды на право использования. По арендованному подвижному составу также не-



обходимо прикладывать письмо-согласие собственника транспортных средств об участии автомобилей по оказанию планируемых услуг. Наличие подвижного состава для выполнения работ (оказания услуг) по предмету закупки должно соответствовать по маркам и количеству, предусмотренному Техническим Задаaniem, и отвечать требованиям Заказчика по сроку нахождения в эксплуатации и технической оснащённости. Документальным сопровождением здесь будут копии ПТС (свидетельства о регистрации транспортных средств), копии заключённых договоров купли-продажи, а для планируемых к приобретению - договоры лизинга транспортных средств с датой поставки не позже 30 дней до начала выполнения работ. [8]

Средний показатель критерия по нахождению в эксплуатации транспортных средств - это период, в среднем, не превышающий 5 лет для автомобилей российского производства и 7 лет для иностранных автомобилей. Для некоторых конкурсных процедур устанавливаются более жёсткие сроки, ограничивающиеся трёхлетним периодом использования автотранспорта. Указанное требование должно выполняться на весь период оказания услуг по предполагаемому контракту. Встречаются ситуации, когда транспортные средства принимаются к участию ограниченные не только годом выпуска, но и пробегом.

Если участники не могут предоставить подвижной состав в полном объёме на весь период действия контракта с выполнением вышеизложенного условия, то возможно предоставление гарантийных обязательств. К ним относятся следующие документы: письмо предприятия за подписью руководителя о приобретении транспортных средств с указанием периода выполнения, график обновления транспортных средств, справка из банка, подтверждающая имеющуюся финансовую возможность организации на покупку подвижного состава.

Автомобили, заявленные на участие в процедуре отбора, должны быть укомплектованы аптечкой, знаком аварийной остановки согласно нормативных требований, а техническое состояние транспорта должно отвечать требованиям ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки».

Кроме того, организаторы закупки могут предъявлять дополнительные требования по технической оснащённости подвижного состава.

Это наличие в автомобилях БСМТС (систем мониторинга транспортных средств) в 100% объёме. В целях осуществления безопасных перевозок, планируемые к выполнению услуг автомобили, особенно при выполнении пассажирских перевозок, должны быть оборудованы ремнями безопасности. В современных условиях с развитием технических видеосистем обязательным условием может быть наличие двухсторонних видеорегистраторов.

Обязательным условием для будущего Исполнителя предлагаемых перевозок является заключение договора добровольного страхования от несчастных случаев своего персонала с указанием минимальной страховой суммы. Каждая компания -Заказчик услуг трактует свои требования по величине страховых выплат, учитывая риски профессиональной деятельности и возможные расходы на реабилитацию в результате несчастных случаев. Такая гарантия материальной поддержки застрахованного лица в непредвиденных обстоятельствах, должна выполняться Исполнителем за свой счёт, и без увеличения стоимости оказываемых услуг. Рисками, включаемые в договор страхования, считаются:

- смерти в результате несчастного случая;
- постоянная (полная) утрата трудоспособности в результате несчастного случая с установлением I, II, III групп инвалидности.

В конкурсных предложениях 2016-2017 годов фигурирует страховая сумма не менее 400 тысяч рублей. [8]

Для обеспечения технического обслуживания и контроля транспортных средств, производственная база предприятия собственная или арендованная должна включать в себя обогреваемую стоянку для 100% парка заявленного в тендере, склад запасных частей, контрольно-технический пункт. Кроме того, необходимо наличие помещений для размещения диспетчерско-технологических служб, медицинских работников, кабинет или класс по безопасности дорожного движения. На помещения, находящиеся в собственности организации, предъявляются копии свидетельств о праве собственности. Если предприятие владеет производственными и административными корпусами на правах аренды, к пакету документов прилагаются копии договоров аренды.

Следующим условием для участников закупки при исполнении обязательств по Договору, является наличие трудовых ресурсов. Речь идёт о персонале, участвующем в процессе оказания услуг по перевозкам. Непосред-



ственным исполнителем по выполнению перевозок являются водители, которые зачислены в штат предприятия исполнителя, с оформлением договорных отношений в соответствии с Трудовым Кодексом РФ.

Документально также подтверждается наличие квалифицированных кадров в подразделении компании. В диспетчерско-технологической службе – это специалисты, выполняющие диспетчерское управление подвижным составом в режиме реального времени с использованием систем мониторинга, электронной и мобильной связи, ведущие учёт оказываемых услуг через обработку первичных транспортных и товаросопроводительных документов. Под технологической службой понимается отдел эксплуатации, осуществляющий руководство диспетчерами и занимающийся документальной разработкой и контролем, выполняемых работ. Данный персонал должен быть представлен следующими штатными единицами: начальник отдела эксплуатации, начальники колонн, механики автоколонн.

Для проведения предрейсового и послерейсового осмотров на предприятиях, согласно штатного расписания есть должность медицинского работника с удостоверением о прохождении курса специального обучения «Медицинские осмотры (предрейсовые, послерейсовые)» и сертификата о допуске медработников к проведению медицинских осмотров водителей транспортных средств, действующего в течение пяти лет. Выполнение обязанностей по проведению осмотров является для данных специалистов совмещением, поскольку основное место работы медицинского персонала обязательно должно быть в лицензированном медицинском учреждении.

Выпуск подвижного состава в линию осуществляет механик контрольно-пропускного пункта (КПП), с обязательным визуальным осмотром транспортных средств. В составе предприятия должна присутствовать служба технического контроля, отвечающая за исправность подвижного состава, своевременное проведение технического обслуживания, используемых автомобилей, качественное проведение ремонтов самих транспортных средств и их составных узлов и агрегатов. За вопросы безопасности выполнения перевозок отвечает инженер по безопасности дорожного движения с обязательной аттестацией в Федеральной службе по надзору в сфере транспорта -Управлении государственного автомобиль-

но-дорожного надзора (УГАДН).

Стаж водителей предприятия, которых планируется привлечь к оказанию услуг по предмету закупки, должен составлять более 1 года. При выполнении перевозок опасных грузов – не менее трёх лет, при перевозке пассажиров не менее трёх лет.

Предприятие – участник закупки должно соответствовать требованиям в отношении действующей системы управления промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды, в рамках действующего законодательства РФ или ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007. Перечисленные стандарты адаптированы к российским условиям. Государственными аналогами в России для них являются ГОСТ Р ИСО 14001-2007 и ГОСТ Р 12.0.007-2009. Первый из перечисленных стандартов раскрывает комплекс требований к системе экологического менеджмента на предприятии, второй – содержит совокупность требований к внедрению системы управления охраной здоровья и безопасностью труда в пределах организации.

Выполнение перевозок должно осуществляться при соблюдении необходимого уровня безопасности. В этом направлении должны выполняться требования по обеспечению водителей спецодеждой, оснащением персонала СИЗ (средства индивидуальной защиты), безопасная эксплуатация техники. Специальные средства обмундирования и защиты работников являются прикрытием и охраной от воздействия вредных и опасных производственных факторов и от загрязнения.

Все вышеописанные требования включаются в техническую часть заявки. После её представления, рассматривается коммерческая часть заявки. Это направление указывает сроки оплаты выполняемых услуг, описывается порядок установления цены товара. Может быть представлено несколько вариантов формирования стоимости:

- путём пропорционального снижения цены за единицу товара (единицу объёма выполнения работ/оказания услуг), указанные в коммерческом предложении, на процент экономии, достигнутой в процедуре хода;

- путем пропорционального снижения цены за единицу товара (единицу объёма выполнения работ / оказания услуг), указанные в коммерческом предложении, на процент экономии, достигнутый в процедуре хода аукциона (разница между начальной (максимальной) ценой договора и ценой лица, с которым за-

ключается договор, отнесенная к начальной (максимальной) цене договора);

- указанием цен из поданного коммерческого предложения победителя закупки;
- иные способы.

Важными документами считаются копии отчётов предоставленные или заверенные налоговыми органами. Это копия справки об отсутствии непогашенной задолженности по платежам в бюджеты всех уровней и государственные внебюджетные фонды, полученной не ранее, чем за месяц до даты предоставления предложения. Также сюда относятся копия официального баланса и отчёт о движении денежных средств.

Сформированный пакет документов обязательно прошивается и упаковывается, согласно представленной инструкции. Поступление документации в конкурсный комитет осуществляется по срокам оговоренным в заявке.

## ВЫВОД

Выигравшей торги, будет считаться организация, принявшая участие в состязании на предмет заключения договора, и предложившая наиболее приемлемые условия. Для этого АТП, планирующему победить в тендере, необходимо иметь новый подвижной состав, квалифицированный персонал, ремонтную базу собственную или арендованную, лояльные конкурентные цены, соответствующие уровню рыночной стоимости рассчитываемых услуг.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Покровский М.Н. Очерк истории русской культуры: Экономический строй: от первобытного хозяйства до промышленного капитализма. Государственный строй: обзор развития права и учреждений. – М.: Либриком, 2010. – 256.
2. Федерального закона от 21.07.2005 N 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд»
3. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ.
4. Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ (ред. От 28.12.2016) «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».
5. Федеральный закон «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 05.05.2014 N 122-ФЗ
6. Барсегова И.В. История развития тендерных торгов и тендер, как источник привлечения финансовых ресурсов. Российская практика // Российское предпринимательство. — 2011. — № 5-1 (183). — с. 23-28. — URL: <http://bgscience.ru/lib/6748/>
7. Гражданский Кодекс РФ. Статья 447-449.
8. Материалы тендеров [zakupki.gov.ru](http://zakupki.gov.ru)
9. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. N 16-ФЗ «О транспортной безопасности» Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru>

## CONDITIONS OF PARTICIPATION OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES IN TENDER PROCEDURES

M.A. Zotkina

**Abstract.** *This article discusses the participation of transport enterprises in the tender to signing the contract for the provision of services on transportation of cargoes, passengers.. the paper shows and explains the conditions for participation, the requirements to procurement participants, used vehicles, are the basic documents confirming the qualification and technical compliance of the concerned organizations. The formulated tasks, which allows you to successfully pass the competition for the conclusion of the contract.*

**Keywords:** *tender, purchasing, documentation, resources of the enterprise.*

## REFERENCES

1. Pokrovsky M. N. Temptant in historia Russian cultura: Oeconomica ratio: ex primitiva agricultura, ut cursus capitalismus. Ratio gubernationis: a review of development de lege et institute

[Essay on the history of Russian culture: The economic system: from primitive economy to industrial capitalism. The state system: a review of the development of law and institutions]. Moscow, Librokom, 2010. 256 p.

2. Foederati lex 21.07.2005 N. 94-FZ. O



ности рабочей силы может наблюдаться или дефицит труда, или дефицит квалификации.

Исследователи считают, что дефицит квалифицированного труда качественно неоднороден. Это может быть:

1. Дефицит работников массовых профессий, которых «поставляет» на рынок труда система профессионального образования.

2. Дефицит уникальных специалистов или работников специфических профессий и навыков [2].

В настоящее время на рынке труда сложилась ситуация, когда организациям постоянно не хватает профессиональных менеджеров, специалистов и, в первую очередь, таких, которые могли бы стать лидерами: поставить задачи, взять ответственность, замотивировать персонал и управлять командами.

Особенно остро эту проблему ощущают на себе компании, начинающие новые проекты, открывающие новые направления деятельности и выходящие на новые рынки. Так проявляется трудовое дефицит. А в данном случае можно говорить возникшем дефиците именно хороших кадров. Дефицит хороших кадров представляет собой ситуацию, когда на рынке труда полно людей, желающих работать, однако они по каким-то причинам либо уже работают в других, либо не показывают достаточной эффективности, и компания вынуждена привлекать новые ресурсы.

В условиях трудового дефицита персонал становится ключевым фактором, на который все чаще обращают внимание.

## **МОТИВАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ТРУДОДЕФИЦИТА**

Присутствие логистики и ее участие наблюдается практически во всех областях деятельности организации. В таблице 1 представлены структурные подразделения отдела логистики и их задачи [3].

Учитывая то, что каждый отдел логистики решает конкретные задачи необходимо распределение ответственности за выполнение конкретных логистических функций и создание эффективной системы управления всей логистической системой на основе системы каскадного формирования управляющих воздействий [4].

Деятельность логистического менеджмента основана на непредвзятом рассмотрении всех процессов с точки зрения полезности для организации в целом, а не конкретного подразделения.

На основании результатов проведенных анкетирований руководителей организаций выделяют следующие причины возникающего трудового дефицита:

1. Недостаточное предложение труда (например, «не готовят или недостаточно готовят нужных специалистов» и др.).

2. Спросовые ограничения предприятий («не идут на ту заработную плату, что мы можем предложить», и др.).

3. «Смешанные» (которые нельзя четко разделить на «спросовые» или исключительно «предложенческие»). Например, позиция «напряженный труд, тяжелые и вредные усло-

Таблица 1  
**ЗАДАЧИ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОТДЕЛА ЛОГИСТИКИ**

| Подразделение отдела логистики | Решаемые задачи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Группа закупок                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Управление запасами в целях обеспечения потребностей производства</li> <li>– Управление складскими запасами в целях недопущения дефицита и неликвидов <ul style="list-style-type: none"> <li>– Расчет целевых параметров закупок</li> <li>– Управление логистическими издержками</li> </ul> </li> </ul> |
| Группа дистрибуции             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Расчет целевых параметров поставок</li> <li>– Управление складскими запасами готовой продукции в целях недопущения дефицита и неликвидов</li> <li>– Управление логистическим сервисом</li> </ul>                                                                                                        |
| Аналитическая группа           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Обеспечение ритмичности товародвижения на всех стадиях</li> <li>– Формирование планов закупок и продаж</li> <li>– Логистический реинжиниринг</li> </ul>                                                                                                                                                 |



вия труда» характеризует малопривлекательность такой работы, а потому ограниченность предложения. Однако подобная «негативная» полезность (disutility) может (и должна в условиях конкурентного рынка) быть скомпенсирована более высокой заработной платой [2].

В деятельности сотрудников логистической системы существует одна особенность, которая заключается в том, что их деятельность не привязана к конкретной бизнес-единице (товары, контрагенты), а касается всей логистической системы организации. Для решения вопроса трудодефицита в области логистики возможно применение следующих подходов:

- формирование собственных корпоративных учебных заведений, ориентированных на решение профильных для логистической системы задач;
- формирование распределенной сети взаимодействия с партнерами по каждой отдельной задаче, включая взаимодействие с государственными вузами для организации целевой подготовки молодых специалистов;
- организация системного взаимодействия, структурированного в соответствии с собственными целями, задачами и выделяемыми ресурсами [5].

Применение данных подходов в условиях трудодефицита позволит обеспечить логистическую систему молодыми специалистами в данной области; учитывая взаимодействие с учебными заведениями логистическая система не будет испытывать нехватки персонала. Однако обозначенные выше подходы для решения задачи трудодефицита имеют свои недостатки: пополнение трудового коллектива не опытными сотрудниками; увеличение текучести молодых специалистов; повышение квалификации молодых специалистов приобретает затяжной характер т.к. инвестирование в человеческий капитал представляет собой длительный процесс [2]. Инвестиции в человеческий капитал или НИОКР, являются необходимым, но недостаточным условием кадрового обеспечения логистической системы в условиях трудодефицита. Инвестиции зависят от процесса циркуляции знаний между академическими учреждениями и фирмами и процесса обучения, рассматриваемых в рамках моделей (Aghion & Howitt, 1998) [6].

Оптимальным вариантом решения проблемы трудодефицита может быть разработка и внедрение системы мотивации сотрудников. Для того чтобы сотрудник показывал достаточную эффективность, и выполнял свои обязанности с полной отдачей, его необходимо

мотивировать. Однако для повышения конкуренции и слаженности работы логистической системы мотивирование сотрудника не должно сводиться к простому исполнению его обязанностей. Мотивация сотрудника должна быть направлена на более эффективное и качественное выполнение своих обязанностей, внедрение новых технологий и повышение профессионального уровня сотрудника [7]. Основными причинами для создания системы мотивации работников логистической системы является то, что:

- мотивация является стимулом для каждого сотрудника и дает возможность при выполнении своих должностных обязанностей проявить максимум эффективности;
- у руководителя появляется возможность делегировать и распределять полномочия между наиболее успешными сотрудниками;
- для предприятия в целом создается максимум условий для оптимального роста прибыли за счет оптимизации логистических расходов [8].

В основе мотивации заложены следующие правила:

- все функции персонала должны быть четко определены;
- выполнение функций должно быть под постоянным контролем;
- все функции персонала должны быть формализованы так, чтобы их можно было, измерять и фиксировать степень их выполнения.

Соблюдение этих простых основ приведет к тому, что сотрудник будет четко понимать свои функции и, что он получит за улучшение показателя выполнения функции.

Система мотивации рассматривается как совокупность объектов, характеризующихся определенным набором связей между частями, функционирующими как единое целое, т. е. подчиненных единой цели, развивающихся по единым законам и закономерностям [9,10]. Системный подход к созданию системы мотивации предполагает четкую формулировку конечной цели, которая выражает идеальное желаемое состояние трудового коллектива логистической системы. Главной целью разработки и внедрения системы мотивации сотрудников в условиях трудодефицита является обеспечение организации трудовыми ресурсами, в полной мере отвечающее ее потребностям, как в количественном, так и в качественном отношении [11]. Система мотивации считается эффективной тогда, когда она отвечает следующим требованиям: комплексность и индивидуальность. Для создания та-



кой системы изначально необходимо изучить преобладающие мотивы персонала. Большое количество существующих мотивов персонала представлено двумя группами: первая группа – стремление к успеху, вторая – избегание неудач. Можно выделить такие мотивации: мотивации «к» и мотивации «от». Деятельность персонала успешно работающего основана на мотивации «к». Такая мотивация позволяет реализовать социально-психологический аспект деятельности, т.е. удовлетворять потребности сотрудника. Однако большая часть сотрудников работает, основываясь на вариант мотивации «от». Такой вариант мотивации реализует инструментальный аспект: работать из-за страха неудовлетворения потребностей [12].

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что функция мотивации состоит из двух аспектов: социально-психологического и инструментального. Социально-психологический аспект направлен на устранение напряжений, конфликтов, мешающих нормальному протеканию трудового процесса. Инструментальный аспект заключается в принуждении подчиненных выполнять предписанные им обязанности. Поэтому для создания эффективной мотивации необходимо сочетание положительной и отрицательной мотивации.

Применение отрицательной мотивации может оказать положительный эффект на производительность и интенсивность труда, на улучшение исполнительской дисциплины и повышение безопасности осуществления деятельности. Однако она может дать и отрицательный эффект. Поэтому при ее исполь-

зовании необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Цель: не наказание, а предотвращение нарушений, поэтому право наказывать должно принадлежать высшему руководству. Нельзя допускать, чтобы отрицательная мотивация стала способом «сведения счетов» с неугодными сотрудниками.

2. Последовательность применения системы наказаний, информированность работников о наказаниях и наличие четких критериев (разработанных стандартов и нормативов) [13].

3. Отрицательная мотивация не подходит для инициативных и творческих людей и сфер деятельности. Страх и состояние дискомфорта не способны стимулировать творчество, инициативу и инновации.

4. Ограничение отрицательной мотивации.

Избыточное наказание ведет к феномену «выученной беспомощности», оно перестает мотивировать даже на соблюдение правил.

Именно поэтому при создании системы мотивации сотрудников должна быть соблюдена комплексность мотивационной системы, заключающаяся в сочетании отрицательной и положительной мотивации.

В обоих случаях в основе мотивации лежат потребности. В работе [12] были выделены потребности (на основе пирамиды Маслоу) и мотиваторы в зависимости от различных уровней управления (рис.1).

Анализируя рис.1 можно сказать, что структура потребностей персонала изменяется с переходом от низшего звена к высшему. Мож-



Рисунок 1 – Зависимость преобладающих потребностей и мотиваторов от занимаемой работником должности

но сделать вывод о том, что в зависимости от ступеней карьерной лестницы необходимо применять различные методы мотивации. Большая часть потребностей высшего звена может быть удовлетворена проведением организационных мероприятий, таких как перераспределение полномочий и т.д. Однако удовлетворение потребностей высшего звена не позволяет достичь поставленных целей, пока не будут удовлетворены потребности низшего звена, основывающиеся большей частью на материальных потребностях. В тоже время нельзя считать, что у низшего уровня отсутствуют потребности высшего уровня. Конечно же, они есть, но преобладающей потребностью является стабильная заработная плата, желание закрепиться на данной должности. В процессе движения по карьерной лестнице сотрудник удовлетворяет одни потребности и переходит к новым, более весомым, меняются не сами потребности, а их приоритет. Также ошибочным будет мнение о том, что для сотрудников высшего звена заработная плата не имеет значения. Данная потребность остается и на высшем уровне, только она переходит в разряд имиджа, статуса [12].

Для решения вопроса кадрового обеспечения логистической системы в условиях трудового дефицита, многие руководители отдела логистики стимулируют профессиональный рост сотрудников. Во многих компаниях практикуется наставничество. Когда новый сотрудник попадает под опеку более опытного сотрудника. Также для мотивирования сотрудников проводят корпоративные тренинги, создают различные интернет-ресурсы, позволяющие обмениваться опытом между сотрудниками – все эти приемы способствуют созданию в коллективе атмосферы, когда логисты компании стремятся повышать собственную квалификацию. У сотрудников появляется четкое осознание того факта, что повышение квалификации приводит к повышению их заработной платы. Компания же в итоге получает грамотных сотрудников, которые являются ключом к успеху [14,15].

Кроме профессионального роста и повышения заработной платы, для сотрудников мотивирующим фактором является объявление отдела логистики отделом прибыли, а не затрат. Данное заключение основано на том, что факте, что логистика в большинстве случаев воспринимается как сервисное отделение или же центр затрат. Именное такое ошибочное восприятие логистики не дает возможность логистическому отделу исполнять свою основ-

ную функцию, заключающуюся в оптимизации процессов и снижении издержек [16].

Учитывая тот факт, что результат работы отдела логистики является результатом работы множества различных звеньев, возникает необходимость мотивировать сотрудников отдела логистики не только на личную эффективную работу, но и на командную работу.

Данная проблема мотивации может быть решена путем начисления бонусов по результатам работы всего отдела или же по результатам работы над определенным проектом. Система бонусов может начисляться за разные виды работы отдела логистики. Система бонусов должна быть гибкой, прозрачной и отражать объективное состояние дел. Бонусы не должны выплачиваться регулярно, чтобы действительно мотивировать сотрудника к дальнейшей работе и выплачивать бонусы за уже сделанную [17,18].

Также одним из способов мотивацию могут служить соревнования и обязательства. Соревнования, проводимые среди сотрудников смежных групп или смен за повышение качества сервиса, снижение издержек, количества ошибок представляют собой мощный мотивирующий фактор при условии правильной их организации. Однако мотивирование соревнованиями не является простой задачей, как может показаться на первый взгляд, т.к. сотрудников необходимо заинтересовать в участии в соревнованиях не просто «для галочки». Их необходимо заинтересовать формой проведения соревнования, условиями, видами призов. Вместе с тем условия соревнований должны быть выполнимыми и действительно должны зависеть от усилий сотрудников соревнующихся отделов.

Таким образом, можно выделить три составных элемента схемы материального стимулирования:

- постоянная часть (оклад);
- переменная часть, которая побуждает сотрудника к достижению результата (премии);
- инструменты долгосрочного воздействия (годовые бонусы, опционы и др.).

Существуют различные виды и способы мотивации персонала. Система мотивации сотрудников должна быть сложной: одновременно совмещать и личную, и коллективную мотивацию. Кроме того, она должна содержать как материальные, так и нематериальные элементы.

Материальная мотивация сотрудников:

1. Прямые методы:

- премии;
- штрафы.

Такие методы наиболее эффективны в начале трудовой карьеры. Следует отметить, что штрафы не должны иметь отношение к зарплате. И премия, и штраф – некая дополнительная сумма денег, которая может быть выдана в полном размере, а может быть «недочислена».

### 2. Непрямые методы:

- служебное жилье;
- социальный пакет;
- питание.

Такие методы наиболее действенные, ведь они влияют на возможности человека реализовать свои желания. Но бывают случаи, когда сотрудник искренне желает получать больше, но у него не получается настроиться на продуктивный труд. Для таких случаев есть иные средства.

Формируя алгоритм оплаты труда в рамках мотивации сотрудников необходимо учитывать компромисс между желаниями работника и работодателя:

- подчиненному необходимо, чтобы размер заработной платы был больше, чем ему нужно средств для восстановления сил, затраченных на работу (когда зарплата недостаточна для удовлетворения основных потребностей работника, это обязательно скажется на выполнении им деятельности),
- руководителю нужно, чтобы размер заработной платы каждого служащего соответствовал результату его работы.

Нематериальные методы мотивации труда сотрудников:

### 1. Индивидуальные:

- персональный график – например, для мамы маленьких детей;
- расширение полномочий – человек чувствует перспективу роста;
- улучшение условий работы – ценность работы в этой организации в глазах сотрудника повысится;
- обучение – не дает угаснуть стремлению профессионально расти;
- признание – озвучивание и демонстрация заслуг сотрудника.

### 2. Коллективные:

- корпоративные тренинги – помогают развить в коллективе взаимодействие;
- праздники – почувствовать себя одной семьей, сплотиться;
- понятные всем цели – каждый отдел и сотрудник хочет быть уверен, что делает важную часть работы для общего результата;
- информированность (вовлеченность) – ощущение причастности к планам и состоянию дел на фирме;

- прозрачность – доступная для понимания форма управления и взаимодействия;
- благодарность и признание – выделение заслуг группы сотрудников.

На первый взгляд, может показаться, что нематериальные методы в сравнении с материальными менее значимы. Однако, это не так, ведь именно они позволяют практически ежедневно, а не только в день зарплаты, наполнять сотрудников ощущением собственной значимости, важности своего труда, дополнительных перспектив и продвижения вперед. Основные рычаги мотивации представлены на рис. 2.

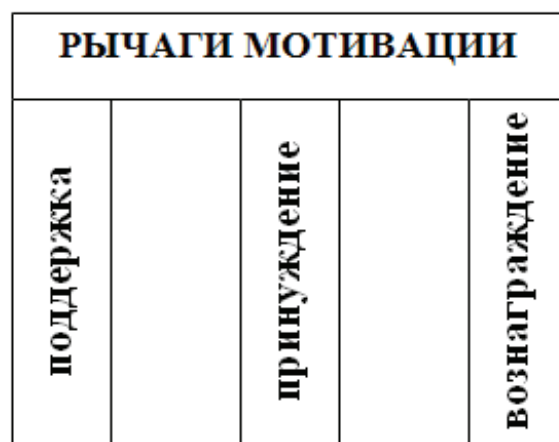


Рисунок 2 – Основные рычаги мотивации

Поддержка заключается в том, что сотрудник получает необходимые для выполнения задания ресурсы, информацию, обучение.

Принуждение – механизм, когда неотвратимость наказания, в случае неисполнения задания, перевешивает в борьбе с физиологией, толкающей на экономию энергетических ресурсов.

Вознаграждение – механизм, когда предвкушение поощрения, как результата достаточного количества усилий – предпочтительнее неизбежного дискомфорта, связанного с неисполнением.

Драйверы мотивации можно разделить на денежные и неденежные.

К денежным драйверам относятся: компенсация за питание, оплата мобильной связи, ГСМ, премии, повышение заработной платы, различные денежные выплаты.

К неденежным драйверам можно отнести путевки на базу отдыха, спа-процедуры, массаж, ужин в ресторане, прогулка на лимузине, сертификаты в книжные магазины, магазины спортивных товаров и многое другое.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в сфере управления используются различные способы и подходы для мотивации сотрудников. Одним из самых новых, объединяющих в себе различные методики и техники, дающим новые возможности, является коучинг. Коучинг применяется в качестве инструмента влияния на результаты деятельности отдельных людей и организации в целом. Управление в стиле коучинга – это взгляд на сотрудников как на огромный дополнительный ресурс предприятия. Каждый сотрудник рассматривается как уникальная творческая личность, способная самостоятельно решать многие задачи, проявлять инициативу, делать выбор, брать на себя ответственность и принимать решения. Достижение поставленных целей в коучинге осуществляется с помощью научно обоснованных методов, техники персонального роста и практического опыта. Коучинг дает возможность получить инициативных и деятельных сотрудников в логистической системе, которые для достижения поставленных целей выкладываются на все 100%. Такой подход к мотивации сотрудников, позволяет им почувствовать, что они не безразличны руководству и о них действительно заботятся. Компания Manchester Inc проводила исследования по результатам применения коучинга [19].

Полученные результаты показывают, что компании, которые применяют коучинг для своих руководителей в итоге получают:

- повышение производительности (53% по мнению руководителей);
- повышение качества продукции услуг (48%);
- укрепление организации (48%);
- снижение жалоб потребителей (34%);
- увеличение итоговой доходности (22%).

Также, по мнению руководителей улучшения, произошли в следующих сферах:

- рабочие отношения с непосредственными подчиненными (77% по мнению руководителей);
- рабочие отношения с непосредственными супервизорами (71%);
- командная работа (67%);
- удовлетворенность работой (61%);
- снижение конфликтности (52%);
- приверженность компании (44%);
- работа с клиентами (37%).

Бизнес-коучинг является разновидностью техники развития кадрового потенциала.

Бизнес-коучинга применяется для эффективного решения следующих задач:

- создание сплоченных рабочих команд;
- вывод на рынок новых продуктов и услуг;
- нематериальная мотивация персонала;
- управление изменениями;
- выход на новые рынки;
- управление проектами (от отдела до организации);
- увеличение эффективности продаж;
- создание проектных команд;
- формирование конкурентных преимуществ;
- позиционирование товара или компании.
- обучение персонала.

Мотивация (денежное стимулирование) работников логистической системы на основе Key Performance Indicators (KPI), в отличие от базовой заработной платы (оклада), ориентирована на достижение долгосрочных и краткосрочных целей компании, «мотивирующей на выполнение должностных обязанностей» самого работника [20,21].

Key Performance Indicators (KPI) – эффективный инструмент для постоянного совершенствования бизнеса. KPI является одним из способов мотивации работников логистической системы.

В транспортной логистике выделяют следующие виды KPI-показателей:

- своевременная доставка груза;
- своевременно выполненные транспортные обязательства, среднее время доставки;
- соблюдение сроков передачи счетов;
- соблюдение сроков ответа на запросы;
- время подачи транспортного средства под погрузку;
- состояние транспортного средства;
- целостность доставленного груза.

Для более эффективной работы логистической системы необходимо не просто применение существующих методов и средств мотивации сотрудников, а создание целой системы мотивации. В основе такой системы должны быть такие принципы как:

- простота и открытость (всем должны быть понятны критерии премирования сотрудников);
- справедливость (одинаковый результат и качество работы должны премироваться одинаково);
- возможность проверки плана и фактического результата деятельности;
- информированность об изменениях в системе премирования (приказ, распоряжение и другие документы).

Неправильно организованная структура компании увеличивает совокупные затраты



компании по следующим причинам:

- прерывающиеся информационные потоки приводят к недостоверной информации;
- обязанности и ответственность не соответствуют друг другу;
- отсутствует мотивация персонала, связанная с расходной и доходной статьями бюджета.

В то время как правильно организованная структура компании и система мотивации позволяет снизить совокупные затраты.

Организационная структура компании определяется, прежде всего, распределением обязанностей. Все обязанности должны быть связаны с ответственностью.

Основными составляющими организационной структуры являются обязанности и ответственность сотрудников.

Обязанности должны отвечать следующим требованиям:

- они должны отвечать целям и задачам компании;
- они должны быть связаны между собой внутри структурной единицы;
- результат работы в соответствии с обязанностями должен быть формализован.

Необходимо создание и существование системы измерения показателей работы каждого сотрудника. За выполнение своих обязанностей каждый сотрудник должен отвечать. Таким образом, из обязанностей должна вытекать ответственность.

Ответственность, необходима для разработки структуры компании, отвечающей основной цели. Ответственность сотрудника определяется соотношением его вклада в создание прибыли компании. То есть в конечном итоге ответственность связана с деньгами организации.

Система мотивации сотрудников логистической системы является частью организационного механизма управления структурой компании и требует тщательной разработки.

Для персонала системы логистики можно выделить следующие мотиваторы:

- своевременность доставки на предприятие материалов и комплектующих;
- своевременность выполнения заказов и доставки потребителям;
- оперативное реагирование на запросы потребителей;
- нарушение сроков поставок новыми поставщиками;
- нарушение контрактных условий новыми клиентами;

- качество материальных ресурсов, оцениваемые на входном контроле предприятия;
- процент брака готовой продукции;
- коэффициент устойчивости базы поставщиков;
- коэффициент устойчивости базы потребителей;
- уровень снижения логистических затрат (на транспорт, складирование, администрирование запасов);
- процент экстренных заказов материалов;
- возможность доставки и дистрибуции продукции через разных провайдеров;
- допущение дефицита и/или переизбытка материальных ресурсов в сравнении с нормативным уровнем [8].

Итогом применения существующих средств мотивации сотрудников логистической системы становится профессионализм сотрудников, постоянный состав коллектива, слаженная командная работа и высокий уровень конкуренции компании. Данные средства и методы мотивации сотрудников логистической системы в условиях трудодефицита позволяют выполнить цель кадровой логистики, сформулированной на основе логистических правил «семи Н» [22]:

- обеспечить предприятие нужными кадрами
- необходимой квалификации
- в нужное время (учитывая потребность в людских ресурсах на данный момент и на перспективу)
- необходимое количество
- в нужном месте (для выполнения конкретных работ)
- необходимым структурным подразделениям фирмы,
- с наименьшими затратами (на оплату труда и другие расходы по содержанию персонала).

Формирование эффективной системы мотивации сотрудников представляет собой часть общего процесса функционирования логистической системы. Только хорошо организованная система мотивации сотрудников может способствовать повышению активности коллектива, что в свою очередь способно успешно, своевременно и регулярно решать самые сложные задачи логистической системы одновременно и наиболее выгодно. В условиях трудодефицита важнейшим приоритетом деятельности является программа создания системы мотивации сотрудников, необходимых для бесперебойного функционирования логистической системы.



Система мотивации сотрудников логистической системы должна создаваться исходя из полезности для логистической системы в целом, учитывая влияние логистических операций на текущие финансовые результаты организации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Рынок труда, не отвечающий современным требованиям, становится тормозом на пути развития инновационной экономики в результате отсутствия необходимого кадрового состава, способного обеспечить именно инновационную составляющую.

Кадровое обеспечение является важным элементом системы, задействованным при выполнении всех логистических операций и обеспечивающим целенаправленную деятельность логистической системы.

Как видно из всего вышесказанного, в настоящее время у руководства компании имеется достаточный арсенал для мотивации сотрудников отдела логистики. Однако, используя этот инструментарий, не следует забывать, что это не просто сотрудники, а в первую очередь люди.

Из рассмотренных в статье способов мотивации сотрудников является система мотивации на базе KPI. Такая система учитывает практически все потребности сотрудников и является одной из самых совершенных систем материальной мотивации.

Для разработки и внедрения системы мотивации персонала компании, полностью соответствующей целям компании необходима большая трудоемкость [8]. В связи с этим срок необходимый для разработки может колебаться от одного до нескольких месяцев в зависимости от размеров исследуемого подразделения и компании в целом, от количества производимых процессов и операций, наличия или отсутствия необходимых инструментов фиксирования операций в информационных системах. Срок внедрения колеблется от трех месяцев (обосновано получением обратной связи по итогам квартала) до одного года. После запуска в эксплуатацию системы мотивации возможны какие-либо корректировки по ее отладке [23]. Оценить эффективность запущенной в эксплуатацию новой системы мотивации можно в пределах периода от одного месяца до одного года (в зависимости от сезонности объемов работ в компании и их стабильности в пределах рассматриваемого периода). Как показывает практика, после

запуска системы мотивации можно рассчитывать на увеличение производительности минимум на 20% штатным количеством персонала [24,25]. Поэтому стоимость затрат на разработку и внедрение, а также выгоды от перехода на новую систему мотивации можно рассматривать, исходя из этого показателя.

Грамотно организованная система мотивации сотрудников позволяет достичь следующих результатов:

- согласованность целей деятельности конкретного служащего с целями работы подразделения и всей компании в целом,
- решение проблемы «текучки» кадров, так как высококвалифицированные сотрудники остаются на своих рабочих местах,
- сокращение времени и выделяемых средств на поиск, подбор и адаптацию персонала на рабочем месте,
- формирование сплоченного коллектива, в котором у каждого формируется уверенность в профессиональной состоятельности, появляется желание эффективно работать на результат.

Ни одна система мотивации не может существовать вечно. Поэтому учитывая воздействие различных факторов системы мотивации должны меняться.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гимпельсон В. Е. Спрос на труд и квалификацию в промышленности: между дефицитом и избытком / В.Е. Гимпельсон, Р.И. Капелюшников, А.Л. Лукьянова // Модернизация экономики и общественное развитие. – 2007. – Кн. 2. – С. 42–51.
2. Сигова С.В. Восполнение кадрового дефицита на рынке труда Российской Федерации / С. В. Сигова. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2009. – 188 с.
3. Литвиненко Е. Отдел логистики и его функции [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://fb.ru/article/43795/otdel-logistiki-i-egofunktsii> (дата обращения: 21.05.2016).
4. НерушЮ.М., Панов С.А., Неруш А.Ю., Проектирование логистических систем. Учебник. – М.: Юрайт, 2016. – с. 112
5. Данилаев Д.П. Инновационный подход к кадровому обеспечению промышленности страны / Д.П. Данилаев, Н.Н. Маливанов, Ю.Е. Польский // Материалы международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 218-222.
6. Aghion P., Howitt P. Endogenous Growth Theory. – Cambridge; Mass., – 1998.

7. Gimpelson V. The Impact of Labor Markets: Social Mobility, Segmentation and Re-ranking. The paper prepared for the UNU/WIDER project 'The Income Distribution and Social Stratification in Transition Countries'. – Helsinki, – 1999.

8. Павлова Е., Построение системы мотивации для сотрудников отдела логистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <http://www.lobanov-logist.ru/library/352/54264/> – (дата обращения 16.03.2017).

9. Газгиреев Э.Д. Формирование организационной структуры управления кадровым обеспечением строительных организаций / Э.Д. Газгиреев, К.Г. Гаджимагомедов // Актуальные проблемы реформирования экономики. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 240-243.

10. Chase R., Bourque Ph., Conway R. Jr. The 1987 Washington State Input-Output study. Seattle, WA: University of Washington, Graduate School of Business Administration, December. Washington, – 1993.

11. Барчан Н.Н. Управление кадровым обеспечением: декомпозиция целей / Н.Н. Барчан, А.А. Котов, А.П. Чумаченко // Вестник научных конференций. – 2017. – № 3-4 (19). – С. 9-11.

12. Лещенко Н.П. Системы мотивации сотрудников в управлении организацией / Н.П. Лещенко, Д.С. Цибина // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2008. – № 3. – С. 34–38.

13. Лисицын Д. Кнут и ролик // Секрет фирмы. – 2006. – № 15. – С. 50–52.

14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirznani.com/a/167050/kouching-kak-novaya-tehnologiya-razvitiya-i-obucheniya-personala> – (дата обращения 14.07.2017).

15. Veblen T. Why is Economics not an Evolutionary Science? // Quarterly Journal of Economics. – 1898. July. – P. 389.

16. Тюкина, Л.В. Обеспечение качества грузовых автомобильных перевозок на принципах логистики / Л.В. Тюкина, С.М. Мочалин // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 9. – С. 8-10.

17. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook118/01/part-013.htm> – (дата обращения 14.07.2017).

18. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.econfin.ru/archives/1902> – (дата обращения 24.03.2017).

19. «Рейтинговая Аналитическая Группа» (G.R.A.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://groupa.com/news46.html> – (дата обращения 10.04.2017).

20. Клочков А.К. KPI и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов / А.К. Клочков. – М.: Эксмо, 2010. – 103 с.

21. Сергеев В., KPI логистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.up-pro.ru/library/strategy/SSP\\_KPI\\_MBO/kpi-logistiki.html](http://www.up-pro.ru/library/strategy/SSP_KPI_MBO/kpi-logistiki.html) – (дата обращения 14.03.2017).

22. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-xecutive.ru/knowledge/announcement/1786577/> – (дата обращения 10.04.2017).

23. Рачкова С.Б. Мотивационные исследования: диагностика эффективности системы мотивации компании [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.personal-navigator.ru/motivacionye-issledovaniya/> (дата обращения: 1.06.2016).

24. Хагур Ф.Р., Абреч С.И. Трудовая мотивация как важнейший элемент управления персоналом // Мир современной науки. – 2015. – №4. – с.37-42.

25. Sigova S. V., Gurtov V. A. Predicting the Budgetary Funding Need of Education in the Three-Year Budget for 2008–2010 // Studies on Russian Economic Development. 2008. № 6. P. 592–603.

## **STAFFING OF THE LOGISTICS SYSTEM IN CONDITIONS OF TRADEDEFICIT**

*L. V. Tyukina*

**Abstract:** *This article describes the tools that are used in the logistics system to motivate employees to teamwork. It was revealed that the motivation of employees allows logistics companies in tradedeficit, not only to keep constant the composition of the team, but to increase the professionalism of its employees without a job. Team work of professional staff in the logistics system is one of the factors of increasing the competitiveness of the company.*

**Key words:** *labor market, tradedeficit, staffing, logistics system, motivation.*

## REFERENCES

1. Gimpel'son, V. E., Kapeljushnikov, R.I., Luk'janova, A.L. Spros na trud i kvalifikaciju v promyshlennosti: mezhdru deficitom i izbytkom [The demand for labour and qualifications in the industry: between shortage and excess]. Modernizacija jekonomiki i obshhestvennoe razvitie, 2007. Kn. 2. pp. 42–51.
2. Sigova, S.V. Vospolnenie kadrovogo defici-ta na rynke truda Rossijskoj Federacii [Replenishing personnel shortages on the labour market of the Russian Federation]. S. V. Sigova. Petroza-vodsk Izd-vo PetrGU, 2009. pp.188.
3. Litvinenko E. Otdel logistiki i ego funk-cii [The logistics Department and its functions] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa. URL <http://fb.ru/article/43795/otdel-logistiki-i-egofunksii> (data obrashhenija: 21.05.2016).
4. NerushJu.M., Panov S.A., Nerush A.Ju., Proektirovanie logisticheskikh sistem [Designing logistics systems]. Uchebnik. Moscow. Jurajt, 2016. pp. 112.
5. Danilaev D.P. Innovacionnyj podhod k kadrovomu obespecheniju promyshlennosti strany [Innovative approach to staffing industry]. D.P. Danilaev, N.N. Malivanov, Ju.E. Pol'skij. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2012. pp. 218-222.
6. Aghion P., Howitt P. Endogenous Growth Theory. Cambridge; Mass., 1998.
7. Gimpelson V. The Impact of Labor Markets: Social Mobility, Segmen-tation and Re-ranking. The paper prepared for the UNU/WIDER project 'The In-come Distribution and Social Stratification in Transition Countries'. Helsinki, 1999.
8. Pavlova E., Postroenie sistemy motivacii dlja sotrudnikov otdela logistiki [Building a system of motivation for employees of the logistics Department]. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://www.lobanov-logist.ru/library/352/54264/>. (data obrashhenija 16.03.2017).
9. Gazgireev Je.D. Formirovanie organi-zacionnoj struktury upravljenja kadrovym obe-specheniem stroitel'nyh organizacij [Organiza-tional structure management staffing construction organizations]. Je.D. Gazgireev, K.G. Gadzhima-gomedov. Aktual'nye problemy reformirovanija jekonomiki. Sbornik materialov II Mezhdunarod-noj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2015. pp. 240-243.
10. Chase R., Bourque Ph., Conway R. Jr. The 1987 Washington State In-put-Output study. Seattle, WA: University of Washington, Graduate School of Business Administration, December. Washington, 1993.
11. Barchan N.N. Upravlenie kadrovym obe-specheniem: dekompozicija celej [Manage-ment staffing: the decomposition of goals]. N.N. Barchan, A.A. Kotov, A.P. Chumachenko. Vestnik nauchnyh konferencij, 2017. no 3-4 (19). pp. 9-11.
12. Leshhenko N.P. Sistemy motivacii sotrud-nikov v upravlenii organizaciej [The system of motivation of employees in organization man-agement]. N.P. Leshhenko, D.S. Cibina. Vestnik Omskogo universiteta. Serija «Jekonomika», 2008. no 3. pp. 34–38.
13. Lisicyn D. Knut i rolik [The whip and the roller]. Sekret firmy, 2006. no 15. P. 50–52.
14. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://mirznanii.com/a/167050/kouching-kak-no-vaya-tehnologiya-razvitiya-i-obucheniya-per-sonala>. (data obrashhenija 14.07.2017).
15. Veblen T. Why is Economics not an Evolu-tionary Science? Quarterly Journal of Economics, 1898. July. P. 389.
16. Tjukina, L.V. Obespechenie kachestva gruzovyh avtomobil'nyh perevozok na principah logistiki [Quality assurance of road freight trans-port on the principles of logistics]. L.V. Tjukina, S.M. Mochalin. Avtotransportnoe predprijatje, 2016. no 9. pp. 8-10.
17. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook118/01/part-013.htm> (data obrashhenija 14.07.2017).
18. Oficial'nyj sajt [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://www.econfin.ru/archives/1902> (data obrashhenija 24.03.2017).
19. «Rejtingovaja Analiticheskaja Gruppa» (G.R.A.) [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://groupa.com/news46.html> (data obrashhenija 10.04.2017).
20. Klochkov A.K. KPI i motivacija personala. [KPI and motivation of staff]. Polnyj sbornik prak-ticheskikh instrumentov. A.K. Klochkov. Moscow. Jeksmo, 2010. p.103.
21. Sergeev V., KPI logistika [KPI logistics]. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.up-pro.ru/library/strategy/SSP\\_KPI\\_MBO/kpi-logistiki.html](http://www.up-pro.ru/library/strategy/SSP_KPI_MBO/kpi-logistiki.html) (data obrashhenija 14.03.2017).
22. Oficial'nyj sajt [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.e-xecutive.ru/knowl-edge/announcement/1786577/](http://www.e-xecutive.ru/knowledge/announcement/1786577/) (data obrashheni-ja 10.04.2017).
23. Rachkova S.B. Motivacionnye issledo-vanija: diagnostika jeffektivnosti sistemy motivacii kompanii [Motivational research: diagnostics of efficiency of motivation system of the company] [Jelektronnyj resurs]. Rezhimdostupa. URL: <http://www.personal-navigator.ru/motivacionye-issledo-vaniya/> (data obrashhenija 1.06.2016).
24. Hagur F.R., Abrech S.I. Trudovaja mo-

tivacija kak vazhnejshij jelement upravljenja personalom [Work motivation as an important element of personnel management]. Mir sovremennoj nauki, 2015. no 4. pp.37-42.

25. Sigova S. V., Gurtov V. A. Predicting the Budgetary Funding Need of Education in the Three-Year Budget for 2008–2010. Studies on Russian Eco-nomic Development, 2008. no 6. pp. 592–603.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

Тюкина Людмила Владимировна (Омск, Россия) – научный сотрудник ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: lyudmila.omsk@mail.ru).

Tyukina Lyudmila Vladimirovna (Omsk, Russia) – researcher of the “SibADI” (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: lyudmila.omsk@mail.ru).

УДК 338.47

## **ЗНАЧЕНИЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗВИТИИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ РОССИИ С КАЗАХСТАНОМ**

Л.В. Тюкина  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация:** В статье рассмотрена роль Омской области в развитии внешнеэкономических связей приграничных государств России и Казахстана. Проведено исследование развития транспортно-логистических услуг Омской области. Проанализирован уровень развития транспортно-логистической системы Омского региона. Выгодное географическое положение Омского региона, развитость транспортной инфраструктуры, степень развития предпринимательского взаимодействия в рамках приграничного сотрудничества Омской области и республики Казахстан, являются важными факторами для обоснования создания мультимодального транспортного узла в регионе.

**Ключевые слова:** транспортно-логистические услуги, мультимодальный транспортный узел, транспортно-логистический центр, транспортная система, Омский регион, Казахстан, приграничное сотрудничество.

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ и Омской области в рамках научного проекта № 16-12-55016.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В развитии транспортно-логистической системы большое значение имеет развитость транспортной системы регионов и страны в целом. Транспортная отрасль является одной из тех отраслей, которые отражают специализацию экономики области, его долю в валовом региональном продукте (ВРП), которая составляет 12,5 %, что на 4,7 процентных пункта выше, чем в среднем по стране.

Транспортная система является комплексным механизмом, который в свою очередь обеспечивает функционирование транспорта как отрасли экономики. Своеобразным каркасом транспортной системы является опорная

транспортная решетка, которая включает в себя совокупность инфраструктурных объектов в сфере транспорта, связующим звеном которых выступает единая транспортная сеть.

В настоящее время в Омской области в условиях интеграции различных предпринимательских структур и необходимости сквозного управления материальными и трудовыми потоками формируется среда для организационного развития бизнес-структур, усиливается поддержка малого и среднего предпринимательства, совершенствуется политика привлечения инвестиций, развивается экспорт, модернизируется транспортная и энергетическая инфраструктура.

Одним из приоритетных направлений де-



ятельности является развитие приграничного сотрудничества с Республикой Казахстан, которое в современных условиях является одним из наиболее крупномасштабных и эффективных факторов, играющих важную роль в создании общего рынка товаров, услуг, капиталов и рабочей силы [1,2].

### **ОМСКАЯ ОБЛАСТЬ – СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО РОССИИ И КАЗАХСТАНА**

Омская область является значимым промышленным центром Сибирского Федерального Округа и России в целом. Она занимает важное место в таких областях промышленности как: нефтехимия и нефтепереработка, машиностроение и приборостроение, агропромышленный комплекс.

К предприятиям нефтехимической отрасли относятся ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ», ОАО «Омский каучук», входящее в ГК «Титан», ОАО «Завод технического углерода», ОАО «Омскшина» и др., на долю которых приходится более 40% промышленной продукции области. Продукция нефтехимической отрасли конкурентоспособна не только на рынках стран СНГ, но и промышленно развитых стран.

Машиностроительные предприятия г. Омска представляют «Омское моторостроительное объединение им. П.И. Баранова», «Производственное объединение «Полет», ОАО «Конструкторское бюро транспортного машиностроения» и др. Также в региона хорошо развита пищевая промышленность: ЗАО «Омский бекон», ЗАО «Любинский молочно-консервный комбинат», ОАО «Инмарко», входящее в компанию Unilever ЗАО «Росар» (принадлежит ОАО «САН ИнБев»), ООО «Манрос М» (принадлежит ОАО «Вимм-Билль-Данн – Продукты питания»), и др. Активно работают и развиваются предприятия растениеводства и животноводства. Отдельно выделяется сектор легкой промышленности – текстильной, швейной и обувной.

Предприятия города Омска и Омской области производят продукцию не только для внутреннего потребления, но и на экспорт, как в регионы России, так и в ближнее и дальнее зарубежье. Ключевая роль транспортного комплекса региона, в обслуживании генерируемых в регионе грузопотоков очевидна. Также на региональном рынке активно разворачивают свою деятельность крупные российские и международные торговые сети: «Лента», «Metro Cash&Carry», «Ашан», «IKEA», «О'кей», «Leroy Merlin», а также более мелкие представители FMCG-рынка, такие как «Планета Холидей», «Холди» и «Сибириада» компании «Холидей», федеральная сеть магазинов самообслуживания «Магнит», супермаркеты «Семейный», «Петро'ль», «Еда» и др.; сети магазинов бытовой техники «М-Видео», «Техносила», «Эльдорадо», «Media Markt», «TechnoPoint» и др. Большинство распределительных центров компаний находится в Новосибирске, в связи с чем возникают обратные грузопотоки и увеличиваются логистические издержки, отражающиеся на стоимости товара. Надлежащее развитие логистической инфраструктуры Омской области могло бы стать решением данной проблемы [3,4].

В 2015 году товарооборот Омской области составил 737 млн. долл. США. Импорт в Омскую область составил 197 млн. долл. США, в то время как экспорт достиг 541 млн. долл. США (рис.1).

В 2015 году Омская область импортировала следующие категории товаров (см. рис.2., табл.1):

- Машиностроительная продукция (57%);
- Продукция химической промышленности, каучук (17%);
- Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (8%);
- Металлы и изделия из них (8%);
- Топливо-энергетические товары (5%);
- Текстиль, текстильные изделия и обувь (2%).



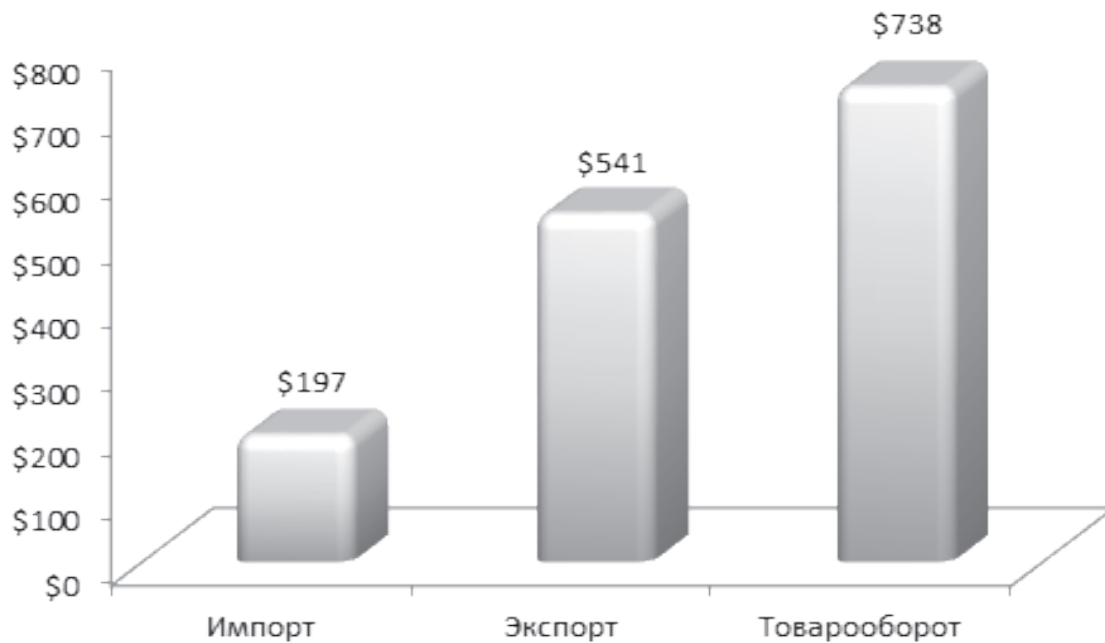


Рисунок 1 – Основные показатели внешней торговли Омской области за 2015 год (млн долларов США) [5]



Рисунок 2 – Товарная структура импорта Омской области в 2015 году [5]

Таблица 1  
ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА ИМПОРТА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2015 ГОД

| ТН ВЭД       | Продукция                                             | Объем в 2015г., тыс долларов США | Доля в структуре импорта, % |
|--------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 84-90        | Машиностроительная продукция                          | \$112,183                        | 57%                         |
| 28-40        | Продукция химической промышленности, каучук           | \$33,841                         | 17%                         |
| 01-24        | Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье | \$15,863                         | 8%                          |
| 72-83        | Металлы и изделия из них                              | \$15,834                         | 8%                          |
| 27           | Топливо-энергетические товары                         | \$9,156                          | 5%                          |
| 50-67        | Текстиль, текстильные изделия и обувь                 | \$3,581                          | 2%                          |
| 44-49        | Древесина и целлюлозно-бумажные изделия               | \$806                            | 0,4%                        |
| 41-43        | Кожевенное сырье, пушнина и изделия из них            | \$102                            | 0,1%                        |
| 68-71, 91-97 | Другие товары                                         | \$5,342                          | 3%                          |

Омская область экспортировала в 2015 году следующие категории товаров (см. рис. 3, табл.2):

- Машиностроительная продукция (44%);
- Продукция химической промышленности, каучук (39%);

- Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (8%);
- Металлы и изделия из них (5%);
- Топливо-энергетические товары (2%);
- Древесина и целлюлозно-бумажные изделия (1%).



Рисунок 3 – Товарная структура экспорта Омской области в 2015 году [5]

Таблица 2

ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА ЭКСПОРТА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В 2015 ГОДУ

| ТН ВЭД       | Продукция                                             | Объем в 2015г., тыс долларов США | Доля в структуре экспорта, % |
|--------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 84-90        | Машиностроительная продукция                          | \$239,167                        | 44%                          |
| 28-40        | Продукция химической промышленности, каучук           | \$210,598                        | 39%                          |
| 01-24        | Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье | \$43,831                         | 8%                           |
| 72-83        | Металлы и изделия из них                              | \$26,071                         | 5%                           |
| 27           | Топливо-энергетические товары                         | \$11,337                         | 2%                           |
| 44-49        | Древесина и целлюлозно-бумажные изделия               | \$7,663                          | 1%                           |
| 50-67        | Текстиль, текстильные изделия и обувь                 | \$14                             | 0.003%                       |
| 68-71, 91-97 | Другие товары                                         | \$2,367                          | 0.4%                         |

Приведенные показатели позволяют лишь оценить объемы экспорта и импорта и подчеркнуть роль транспортно-логистического комплекса Омской области в обслуживании входящих и исходящих грузопотоков.

Уровень развития транспортно-логистической системы находится в прямой зависимости от экономико-географического положения региона. По мнению И.М. Маергойза [6] экономико-географическое положение представляет собой сложную генетически взаимосвязанную совокупность территориальных отношений, представляющих важность для экономического развития объекта и для формирования таких объектов, как страны и районы, для их территориальных структур.

Омская область находится в южной части Западно-Сибирской равнины. Такое географическое положение обеспечивает то, что регион находится практически по середине в пределах России и Евразийского геопространства. Территория Омской области вытянута с севера на юг почти на 600 км и с запада на вос-

ток более 300 км, что обуславливает большую протяженность границ. Регион граничит на западе и севере – с Тюменской, на востоке – с Новосибирской и Томской областями, на юге – с республикой Казахстан.

В результате ситуации сложившейся после распада СССР произошло изменение положение Омской области. Регион из глубинного стал приграничным. Протяженность границы Омской области и республики Казахстан составляет 1019 км. Такая протяженность дает возможность для развития внешнеэкономических связей между РФ и азиатскими государствами.

Расположение Омской области (рис.4) обеспечивает выполнение важнейшей стратегической задачи Омского ММТУ, заключающейся не только в переработке грузопотоков на направлении «Запад-Восток», а в обслуживании межрегиональных и внешнеторговых товаропотоков по направлению «Север-Юг» [7,8,9].



Рисунок 4 – Транспортная инфраструктура Омской области

Наличие у Омской области прямого железнодорожного сообщения с Республикой Казахстан (г.Астана и Алма-Ата) дает возможность выступать Омской области связующим звеном

между транспортной системой России и транспортной системой Казахстана.

Омская область находится в Обь-Иртышском бассейне. Обь-Иртышский бассейн вну-

лодар, Семипалатинск, Усть-Каменогорск, на их территории планируется строительство мультимодальных транспортно-логистических центров (МТЛЦ) регионального значения. Значительную транспортную роль играют притоки магистральных водных путей, которые позволяют судам внутреннего водного транспорта доставлять грузы и пассажиров вглубь территорий четырех субъектов РФ, к населенным пунктам и месторождениям полезных ископаемых Западной Сибири (рис.5) [10].

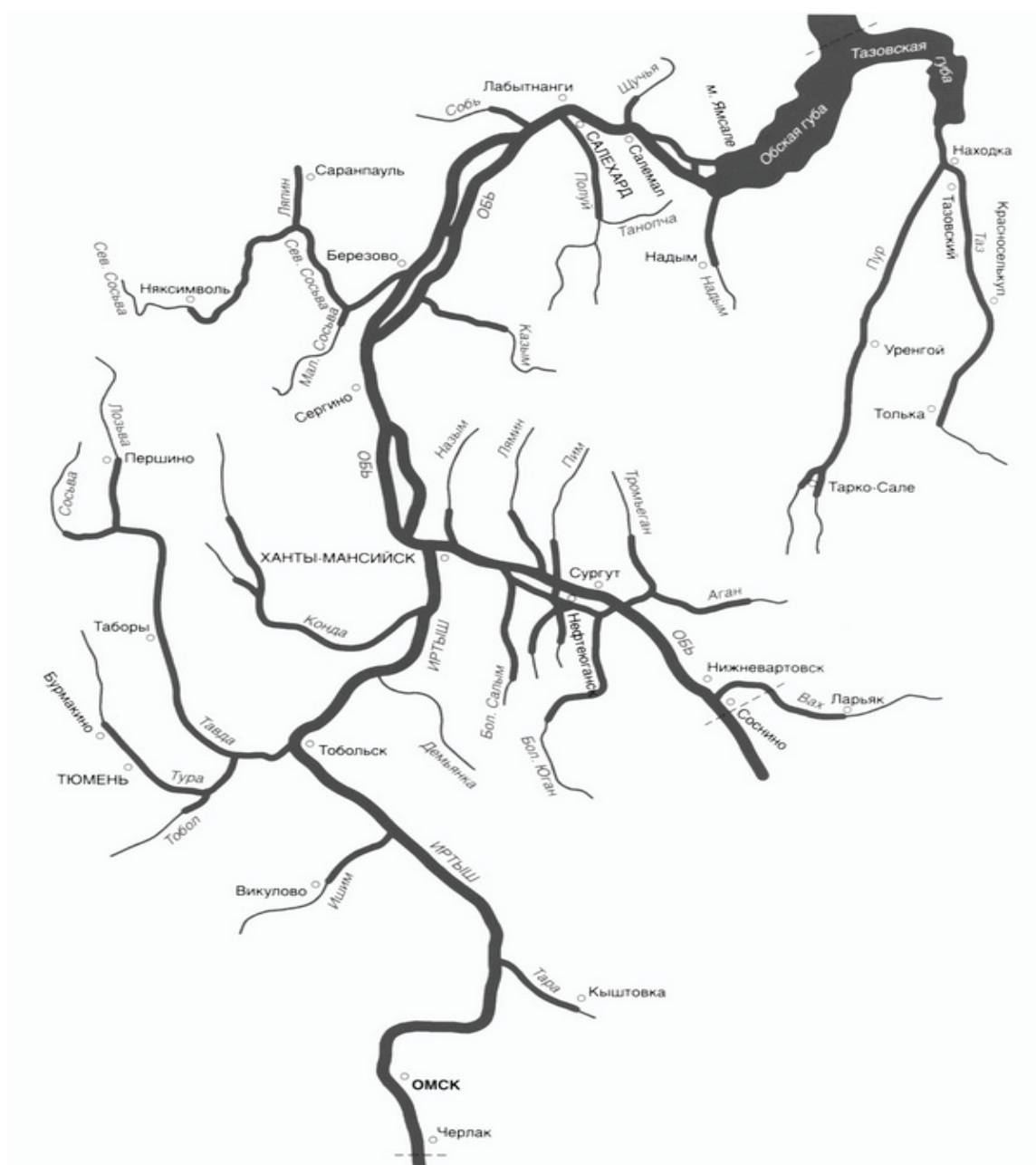


Рисунок 5 – Водные пути Обь-Иртышского бассейна



На р.Иртыш расположены шесть портов и пять из них находятся на территории Омской области: порт Большеречье (пос. Большеречье), Омский речной порт (г. Омск), Тарский порт (г. Тара), Усть-Ишимский порт (пос. Усть-Ишим), порт Черлак (пос. Черлак).

По территории Омского региона проходят автомагистрали федерального значения, связывающие регион с соседними областями (Новосибирской, Тюменской, Томской), а также с Республикой Казахстан (табл.3).

Из таблицы видно, что у Омской области имеются большие возможности для участия в международных транспортных потоках по направлению Запад-Восток, т.к. регион расположен на линиях прямых маршрутов между Азией и европейскими странами.

Большие расстояния не являются препятствием для использования автомобильного транспорта, а становятся одним из способов раскрытия транзитного потенциала Омска. Евразийское сухопутное пространство, охватывающее страны – участницы Экономического пояса Шелкового пути, располагает уникальными возможностями для расширения спектра транспортно-логистических услуг. При этом автомобильные перевозчики могут воспользоваться несколькими маршрутами на пути из Китая в Европу и обратно. Один из них – Северный сухопутный путь (Урумчи – Достык – Омск – Москва – Минск – страны ЕС) с расстоянием от Урумчи до границы Беларуси по железным дорогам около 7,5 тыс. км, по автомобильным – 6,9 тыс. км, что делает достаточно привлекательным данный вид сообщения в обоих направлениях [11].

Вполне вероятно и увеличение в ближайшем будущем загрузки Транссибирской ма-

гистралей. Сегодня она загружена только на 50-70%. Из 600 тысяч контейнеров, ежегодно отправляемых в Европу из стран Азиатско-Тихоокеанского региона, лишь 50 тысяч попадают на Транссиб, хотя его технические возможности позволяют перевозить более 100 тысяч контейнеров в год. Из Японии в Западную Европу контейнеры по Транссибу можно доставить на 15 суток быстрее, чем сейчас, когда их везут на морских судах. Транспортные потоки с каждым годом будут усиливаться, и для четкого их прохождения, для перенаправления грузов в другие регионы понадобится организация мультимодального узла, каким в Сибири может стать Омск. Наличие развитой транспортной сети свидетельствует о том, что по территории Омской области проходят мощные грузопотоки по всем направлениям.

Учитывая выше сказанное можно представить структуру транспортно-логистического сектора Омской области (рис.6).

Транспортно-логистический сектор представлен различными видами транспорта: автомобильным, железнодорожным, авиационным, водным, а так же в складских услугах. Наличие всей базовой транспортной инфраструктуры (сеть авто и железных дорог, международный аэропорт, водные судоходные пути, трубопроводный транспорт) является преимуществом для развития транспортно-логистического сектора.

Применив системный подход для формирования опорной транспортной решетки России группой компаний «ЮСОН» (г. Омск) в партнерстве с ООО «Управляющая компания «Новые стандарты» разработан проект по созданию на территории Омского региона мультимодального транспортного узла (ММТУ) федерального значения [7].

Таблица 3

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ АВТОТРАССЫ, ПРОХОДЯЩИЕ ПО ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

| Номер автомагистрали | Маршрут                                                                   | Международная автодорожная сеть                                                            |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| M51                  | Челябинск – Курган – Омск – Петропавловск – Новосибирск                   | АН6 – международный азиатский маршрут (Asian highway), соединяет Восточную Европу с Кореей |
| M38                  | Омск – Черлак – Казахстан (Павлодар, Семипалатинск) – Китай (Майкапчиган) | АН60 – соединяет Северную, Центральную, Юго-Западную Азию                                  |
| R402                 | Тюмень – Ялуторовск – Ишим – Омск                                         | E22 – международный европейский маршрут по территории Западной и Восточной Европы          |

| Сектор                                      | Подсектора                | Услуги/Продукты                                                                                                                                                | Организации                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>Транспортно-логистический сектор</div> | Автомобильный транспорт   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Пассажирские перевозки</li> <li>Грузовые перевозки</li> <li>Техническое обслуживание подвижного состава</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Управление реформирования жилищно-коммунального комплекса, дорожного хозяйства Министерства строительства, транспорта и ЖКХ</li> <li>ФКУ «Сибуправдор»</li> <li>«Омскблэвтотранс»</li> </ul> |
|                                             | Железнодорожный транспорт | <ul style="list-style-type: none"> <li>Пассажирские перевозки</li> <li>Грузовые перевозки</li> <li>Ремонт составов</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Филиал ОАО «РЖД» «Западно-Сибирская ж/д»</li> <li>ООО «ЖелДорЭкспедиция-Омск»</li> </ul>                                                                                                     |
|                                             | Авиационный транспорт     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Пассажирские перевозки</li> <li>Грузовые перевозки</li> <li>Поддержание аэропортового хозяйства</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>ОАО «Омский аэропорт»</li> <li>Авиакомпания: Аэрофлот, Ираэро, ЮТэйр</li> </ul>                                                                                                              |
|                                             | Водный транспорт          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Пассажирские перевозки</li> <li>Грузовые перевозки</li> <li>Ремонт судов</li> <li>Поддержание инфраструктуры</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ОАО «Омский речной порт»</li> <li>ОАО «Иртышское пароходство»</li> <li>ФБУ «Обь-Иртышводпуть»</li> </ul>                                                                                     |
|                                             | Складские услуги          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Перераспределение товаров и грузов</li> <li>Хранение товаров и грузов</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Центр «ТД Шкуренко»</li> <li>Складской терминал ОАО «Омсктехопторг»</li> <li>Автоматизированный складской комплекс ООО «ИнтерТерминал»</li> <li>«Мегалоджикс» группы Авалон</li> </ul>       |

Рисунок 6 – Транспортно-логистический сектор Омской области

Структура рынка транспортно-логистических услуг (ТЛУ) в процентном соотношении представлена на рисунке 7 [12].

Динамика ТЛУ в России показывает, что все более важную роль в управлении доставкой грузов в цепях поставок производителей и торговых компаний начинают играть в транспортно-логистические центры (ТЛЦ) [13,14].

Омский ММТУ служит опорным транспорт-

ным узлом в системе транспортных коридоров, которые уже существуют и еще проектируются.

Основными задачами создания Омского ММТУ является:

1. Способствовать увеличению транспортной связности территории России;
2. Способствовать развитию внешнеэкономических связей России с Казахстаном и с



Рисунок 7 – Структура российского рынка транспортно-логистический услуг

другими странами средней Азии (Узбекистан, Киргизия, Таджикистан, Туркмения), а также с КНР (в первую очередь, с СУАР и прилегающими провинциями);

3. Способствовать созданию инфраструктуры, которая необходима для формирования транспортного коридора с международным значением «Алма-Ата – Омск – Северный морской путь»;

4. Способствовать созданию условий необходимых для реализации транзитного потенциала страны за счет привлечения и обработки транзитных грузопотоков.

Также создание Омского ММТУ позволит повысить транспортную связность регионов России в направлении «Север-Юг». Именно транспортная связность – необходимое условие их социально-экономического развития.

Создание Омского ММТУ дает возможность развитию и укреплению внешнеэкономических связей между Россией и Казахстаном, а также с другими странами средней Азии (Узбекистан, Туркмения, Киргизия, Таджикистан), а также с Ираном и КНР. Достижение развитых внешнеэкономических связей возможно вследствие создания такой логистической инфраструктуры, которая снизит уровень транспортных расходов, и повысит качество транспортно-логистических услуг при осуществлении внешнеторговой деятельности. Омская область играет значительную роль в развитии межнациональных транспортных коммуникаций и распределении евроазиатских грузопотоков. Это обусловлено приграничным положением и активным сотрудничеством Омской области и Республики Казахстан [15,16,17].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Омская область является крупным и стратегически значимым транспортным узлом на границе с Республикой Казахстан. Региональная логистическая система Омской области имеет следующие характерные особенности: наличие и стыковка автомобильного, железнодорожного, внутреннего водного и воздушного транспорта, выгодное географическое положение на границе двух федеральных округов и соседство с Республикой Казахстан, наличие транспортных связей с северными приграничными регионами Казахстана, а также высокий экспортный потенциал региона, наличие потребности в производимой регионом продукции в России и за рубежом, в т.ч. в регионах Казахстана.

Создание ММТУ в Омском регионе – это необходимое условие способствующее формированию в перспективе транспортного коридора «Алма-Ата – Омск – Северный морской путь», который обеспечит выход:

– благодаря имеющимся водным путям – в порты Санкт-Петербурга, Хельсинки и Гамбурга (как минимум, в период навигации) по кратчайшему северному пути (существующая альтернатива – доставка грузов по южному пути через Суэцкий канал – в значительной степени менее эффективна по срокам и уровню расходов);

– используя имеющиеся воздушные пути – на трансполярные воздушные трассы кроссполярного воздушного моста «Америка – район Северного полюса – Азия» для доставки грузов в США и Канаду;

– используя Трансазиатскую железную дорогу (ТАЖД) (Стамбул – Тегеран – Мешхед – Серахс – Чарджоу – Ташкент – Алма-Ата – Урумчи-Пекин) на Тегеран.

Географическое и политическое положение Омской области, определяющие степень развитости транспортной инфраструктуры имеющихся видов транспорта и наличие магистралей международного значения на территории региона, являются значимой предпосылкой для строительства в Омском регионе крупного ММТУ, который будет способен к обслуживанию миллионов тонн транзитных грузов. Для строительства такой мультимодальной структуры требуется не только наличие транспортных коммуникаций, но и наличие потенциала способного обеспечить рост грузопотоков в регионе и возможностей формирования конкурентной среды транспортно-логистического рынка.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Мочалин, С. М. Определение направлений транспортно-логистического взаимодействия в рамках приграничного сотрудничества России и Казахстана / С. М. Мочалин, В. А. Миляева // Логистика – Евразийский мост : материалы VIII Международ. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2013. – Ч.1. – С. 148-155.

2. Мочалин, С. М. Пути развития региональной логической транспортно-распределительной системы Омской области / С. М. Мочалин, В. А. Миляева // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транс-

портного комплексов России : материалы Всерос. 65-й науч.-техн. конф. / СибАДИ. – Омск : СибАДИ, 2011. – Кн. 3. – С. 99-104.

3. Мочалин, С. М. Подходы к транспортно-логистическому взаимодействию приграничных регионов в рамках кластеризации (на примере Омской области и приграничных регионов Казахстана) / С. М. Мочалин, В. А. Миляева // Логистика и управление цепями поставок. – 2013. – № 3. – С. 11-20.

4. Миляева, В. А. О необходимости формирования транспортно-логистического кластера в Омской области / В. А. Миляева // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (с международным участием) / СибАДИ. – Омск : СибАДИ, 2012. – Кн. 3. – С. 66-70

5. Официальный сайт Федеральное Таможенное Управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://customs.ru> – (дата обращения 18.09.2016).

6. Маергойз И.М. Территориальная структура хозяйства. Новосибирск, 1986. 304 с.,

7. Краткая концепция развития Омского мультимодального транспортного узла в рамках проекта «73 МЕРИДИАН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proektnoegosudarstvo.ru/materials/0007/> – (дата обращения 10.07.2017).

8. Официальный сайт Министерства развития транспортного комплекса Омской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://mrtk.omskportal.ru> – (дата обращения 18.09.2016).

9. Указ Губернатора Омской области от 24 июня 2013 г. № 93 «Стратегия социально-экономического развития Омской области до 2025 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://docplayer.ru/84190-Prilozhenie-k-ukazu-gubernatora-omskoy-oblasti-ot-24-iyunya-2013-goda-93-strategiya-socialno-ekonomicheskogo-](http://docplayer.ru/84190-Prilozhenie-k-ukazu-gubernatora-omskoy-oblasti-ot-24-iyunya-2013-goda-93-strategiya-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-omskoy-oblasti-do-2025-goda.html)

[razvitiya-omskoy-oblasti-do-2025-goda.html](http://docplayer.ru/84190-Prilozhenie-k-ukazu-gubernatora-omskoy-oblasti-ot-24-iyunya-2013-goda-93-strategiya-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-omskoy-oblasti-do-2025-goda.html). – (дата обращения: 13.08.2016).

10. «Обь-Иртышский бассейн: Водный путь Западной Сибири» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=27092> – (дата обращения 10.07.2017).

11. Мочалин С.М. Анализ материальных потоков в рамках приграничного сотрудничества Российской Федерации и Республики Казахстан /С.М. Мочалин, Л.В. Тюкина // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации : материалы Международной научно-практической конференции, – Омск, 2016. – С.782 – 788.

12. Зотов Л.Л., Общий курс транспорта: учебно-методический комплекс учебное пособие / Л.Л. Зотов, А.А. Черняков, В.А. Янчеленко. – СПб.; Изд-во СЗТУ, 2012. – 90с.

13. Тюкина Л. В. Актуальность логистического подхода в приграничном сотрудничестве (на примере Омской области и Республики Казахстан) / Л.В. Тюкина // Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых», – Омск, 2017. – С. 372-378.

14. Канке А.А. Основы логистики: Учебное пособие / А.А. Канке, И.П. Кошечкина. М.: КноРус, 2010. – 576 с.

15. «Казахстан и Россия готовы построить совместный логистический центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russianskz.info/economy/> – (дата обращения 19.06.2017).

16. «Модель транспортно-логистической системы Казахстана» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://logists.kz/model-transportno-logisticheskoy-sistemi-kaz/> – (дата обращения 19.06.2017).

17. Официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mintrans.ru/> – (дата обращения 08.10.2016).

## **THE VALUE OF THE OMSK REGION IN THE DEVELOPMENT OF FOREIGN ECONOMIC RELATIONS OF RUSSIA WITH KAZAKHSTAN**

*L. V. Tyukina*

**Abstract:** *The article considers the role of the Omsk region in the development of foreign economic relations of the border States of Russia and Kazakhstan. A study of the development of transport and logistics services of the Omsk region. Analyzed the level of development of transport-logistic system of the Omsk region. The favorable geographical position of the Omsk region, development of transport*



*infrastructure, development of business cooperation in the framework of cross-border cooperation of Omsk region and the Republic of Kazakhstan, are important factors to justify the creation of a multimodal transport hub in the region.*

**Key words:** *transportation and logistics services, multimodal transport hub, transport and logistics centre, transport, Omsk region, Kazakhstan, cross-border cooperation.*

## REFERENCES

1. Mochalin, S. M. Opređenje napravlenij transportno- logističeskogo vzaimodejstvija v ramkah prigraničnogo sotrudničestva Rossii i Kazahstana [Determination of the directions of transport and logistics cooperation in the framework of cross-border cooperation of Russia and Kazakhstan]. S. M. Mochalin, V. A. Miljaeva. Logistika – Evrazijskij most. materialy VIII Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. –Krasnojarsk, 2013. Ch.1. – pp. 148-155.
2. Mochalin, S. M. Puti razvitija regional'noj logičeskoj transportno-raspreditel'noj sistemy Omskoj oblasti [The development of regional logical transportation and distribution system in Omsk region]. S. M. Mochalin, V. A. Miljaeva. Orientirovannye fundamental'nye i prikladnye issledovanija – osnova modernizacii i innovacionnogo razvitija arhitekturno-stroitel'nogo i dorozhno-transportnogo kompleksov Rossii. Materialy Vseros. 65-j nauch.-tehn. konf. SibADI, Omsk, SibADI, 2011. Kn. 3. P. 99-104.
3. Mochalin, S. M. Podhody k transportno-logističeskomu vzaimodejstvu prigraničnyh regionov v ramkah klasterizacii (na primere Omskoj oblasti i prigraničnyh regionov Kazahstana) [Approaches to transportation and logistics cooperation of border regions in the framework of clustering (by example of Omsk region and border regions of Kazakhstan)]. S. M. Mochalin, V. A. Miljaeva. Logistika i upravlenie cepjami postavok, 2013. no 3. – P. 11-20.
4. Miljaeva, V. A. O neobходимosti formirovani-ja transportno- logističeskogo klastera v Omskoj oblasti [About necessity of formation of transport and logistics cluster in the Omsk region]. V. A. Miljaeva. Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodopol'zovanija. Materialy VII Vseros. nauch.-prakt. konf. FGBOU VPO «SibADI» (s mezhdunarodnym uchastiem), SibADI, Omsk, SibADI, 2012. Kn. 3. P. 66-70.
5. Oficial'nyj sajt Federal'noe Tamozhennoe Upravlenie [Official site of the Federal Customs Administration] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://customs.ru> (data obrashhenija 18.09.2016).
6. Maergojz I.M. Territorial'naja struktura hoz-  
jajstva.[The spatial structure of the economy]. Novosibirsk, 1986. 304 p.
7. Kratkaja koncepcija razvitija Omskogo mul'timodal'nogo transportnogo uzla v ramkah proekta «73 MERIDIAN» [Brief the development concept of Omsk multimodal transport hub in the framework of the project “73 MERIDIAN”] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://www.proektnoegosudarstvo.ru/materials/0007/> (data obrashhenija 10.07.2017).
8. Oficial'nyj sajt Ministerstva razvitija transportnogo kompleksa Omskoj oblasti [Official web-site of the Ministry of development of transport complex of Omsk region] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://mrtk.omskportal.ru> (data obrashhenija 18.09.2016).
9. Ukaz Gubernatora Omskoj oblasti ot 24 ijunya 2013 g. № 93 «Strategija social'no-jekonomičeskogo razvitija Omskoj oblasti do 2025 goda» [The decree of the Governor of the Omsk region from 24 June 2013 № 93 “the Strategy of socio-economic development of Omsk region till 2025”][Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://docplayer.ru/84190-Prilozhenie-k-ukazu-gubernatora-omskoj-oblasti-ot-24-iyunya-2013-goda-93-strategiya-socialno-ekonomičeskogo-razvitija-omskoj-oblasti-do-2025-goda.html>. (data obrashhenija: 13.08.2016).
10. «Ob'-Irtyšskij bassejn: Vodnyj put' Zapadnoj Sibiri» [“Ob-Irtys river basin: Water way of Western Siberia”] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.morvesti.ru/analytics/detail.php?ID=27092> (data obrashhenija 10.07.2017).
11. Mochalin S.M. Analiz material'nyh potokov v ramkah prigraničnogo sotrudničestva Rossijskoj Federacii i Respubliki Kazahstan [the Analysis of material flows in the framework of cross-border cooperation of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan]. S.M. Mochalin, L.V. Tjukina. Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj komplekсы. Problemy, perspektivy, novacii. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Omsk, 2016. P.782 – 788.
12. Zotov L.L., Obshhij kurs transporta: uchebno-metodičeskij kompleks uchebnoe posobie [a General course of transport: training complex tutorial]. L.L. Zotov, A.A. Chernjakov, V.A. Janchenko. Spb. Izd-vo SZTU, 2012. 90 p.



17. Oficial'nyj sajt Ministerstva transporta Rossijskoj Federacii [Official website of the Ministry of transport of the Russian Federation] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://www.mintrans.ru/> (data obrashhenija 08.10.2016).

*Tyukina Lyudmila Vladimirovna (Omsk, Russia) – researcher of the “SibADI” (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: lyudmila.omsk@mail.ru).*

## ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ И ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК СИБАДИ»

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: Транспорт. Транспортные и технологические машины; Строительство. Строительные материалы и изделия; Математическое моделирование. Системы автоматизации проектирования; Экономика и управление. Редакция принимает к рассмотрению **оригинальные научные статьи** объемом 8–10 стр. машинописного текста через 1 интервал, 5–8 рисунков и (или) таблиц, 20–40 ссылок; **обзорные статьи** – (критическое обобщение какой-то исследовательской темы) – от 10 и более страниц, от 5 и более рисунков, до 80 ссылок.

Статья должна быть неопубликованной ранее в других изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы. В случае обнаружения одновременной подачи рукописи в несколько изданий статья будет **ретрагирована** (отозвана из печати).

Следует уделить особое внимание качеству перевода. Недопустимо при переводе пользоваться машинами-переводчиками. Перевод должен быть выполнен профессиональными переводчиками, а лучше – носителем английского языка. Необходимо учесть, что законодательство охраняет права переводчиков авторским правом наравне с правами авторов оригинальных произведений. Перевод текста – творческий процесс, производный объект авторского права, т.е. переводчик – соавтор нового произведения.

**1 УДК.** На первой странице, слева в верхнем углу без отступа, указываются индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт).

**2. Заглавие статьи.** Заголовок (максимально 10-12 слов) должен быть информативным, лаконичным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы. Приводится на русском и английском языках, по центру полужирным шрифтом размером 12 пт. прописными буквами.

**3. Фамилии авторов.** Количество авторов не должно превышать четырех. Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия (Anna V. Ivanova). При латинизации фамилии можно воспользоваться системой 1 BSI – Британский Институт Стандартов (British Standards Institution) транслитерации на сайте <http://translit.ru>, при этом необходимо выбрать вариант стандарта, например, BSI. Перечень авторов располагается после заголовка статьи обычным шрифтом (размер шрифта 12 пт).

**4. Аннотация.** Аннотация включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе научная статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению, объем от 150 до 250 слов. Структура аннотации представлена на сайте журнала [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org).

Приводится на русском и английском языках. Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт).

**5. Ключевые слова** служат ориентиром для читателя и используются для поиска статей в электронных базах, поэтому должны отражать дисциплину (область науки, в рамках которой написана статья), тему, цель и объект исследования. Рекомендуемое количество ключевых слов – 10–12, количество слов внутри ключевой фразы – не более трех. Размещаются после аннотации, на русском и английском языках.

**6. Благодарности.** Раздел включен в требования всеми крупными издательствами. В этом разделе следует упомянуть людей, помогавших автору подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам.

**7. Основные положения.** Отражают ключевые результаты исследования, основное содержание статьи, изложенные тезисно и оформленные в виде 3–5 пунктов маркированного списка.

**8. Основной текст статьи** излагается на русском или английском языках, в электронном и бумажном виде (шрифт «Arial» (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный), в следующей последовательности:

Введение (1–4 стр.) В этом разделе описываются общая тема исследования, цели и задачи планируемой работы, теоретическая и практическая значимость, приводятся наиболее известные и авторитетные публикации по изучаемой теме, обозначаются нерешенные проблемы. Данный раздел должен содержать обоснование необходимости и актуальности исследования. Информация во Введении должна быть организована по принципу «от общего к частному».

Подразделы введения представлены на сайте журнала [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org).

Методы и материалы (от 2 стр. и более) В этом разделе в деталях описываются методы, которые использовались для получения результатов. Обычно сначала дается общая схема экспериментов/исследования, затем они представляются настолько подробно и с таким количеством деталей, чтобы любой компетентный специалист мог воспроизвести их, пользуясь лишь текстом статьи. Более подробно содержание раздела представлено на сайте журнала [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org).

Результаты. В этом разделе представлены экспериментальные или теоретические данные, полученные в ходе исследования. Результаты даются в обработанном варианте: в виде таблиц, графиков, организационных или структурных диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков. В этом разделе приводятся только факты. Если было получено много похожих зависимостей, представляемых в виде графиков, то приведите только один типичный график, а данные об имеющихся количественных отличиях между ними, представьте в таблице.

Способы представления результатов представлена на сайте журнала [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org).

Обсуждение и заключение. Раздел содержит интерпретацию полученных результатов исследования, предположения о полученных фактах, сравнение полученных собственных результатов с результатами других авторов. Более подробно содержание раздела представлено на сайте журнала [vestnik.sibadi.org](http://vestnik.sibadi.org).

### 9. Библиографический список (References)

В библиографический список включаются только те источники, которые автор использовал при подготовке статьи. Оформление библиографического списка регламентируется ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Ссылаться нужно в первую очередь на оригинальные источники из научных журналов, включенных в глобальные индексы цитирования. Желательно использовать 20–40 источников, но не более 50. Из них за последние 3 года – рекомендуется указать не менее 20, иностранных – не менее 15. Важно правильно оформить ссылку на источник.

Следует указать фамилии авторов, журнал (электронный адрес), год издания, том (выпуск), номер, страницы, DOI или адрес доступа в сети Интернет.

Источники указываются в конце статьи в алфавитном порядке либо в порядке упоминания в тексте статьи.

Приводится на русском языке и в латинице по образцу, представленному на сайте журнала.

**Аффилиация.** Фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, ORCID i, Scopus Author ID, ResearcherID, далее указать все места работы, должность, название организации, служебный адрес, электронная почта, телефон, e-mail. Приводится на русском и английском языках.

**Технические требования к оформлению.**

Формат A4, шрифт Arial (10 pt), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный.

Поля: верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5.

Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин.

Формулы необходимо набирать в редакторе формул Microsoft Equation. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы.

Рисунки, схемы и графики предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подписочной подписью, и отдельными файлами с расширением (JPEG, GIF, BMP). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рисунок 1 – Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подписочные подписи, выравнивание по центру). В основном тексте должны содержаться ссылки на них (на рисунке 1.....).

Рисунки и фотографии должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати. Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.

Таблицы предоставляются в редакторе Word.

Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках.

Общий порядок опубликования

Рукописи статей, подготовленные в соответствии с правилами оформления научно-исследовательской публикации и принятыми редакцией журнала международными стандартами, в электронном (через официальный сайт журнала) и бумажном виде предоставляются в редакцию журнала в комплекте:

- с экспертным заключением о возможности опубликования в открытой печати;

- лицензионным договором между ФГБОУ ВО «СибАДИ» и авторами;

При регистрации присваивается дата поступления и регистрационный номер статьи. Статьи регистрируются через электронную редакцию. Регистрация осуществляется бесплатно.

**Первичная экспертиза на соответствие требованиям и профилю журнала (модерация).** Зарегистрированные рукописи статей проходят первичную экспертизу на соответствие требованиям и профилю журнала. Началом для экспертизы рукописи статьи редакцией является дата регистрации статьи. Редакция журнала оставляет за собой право отбора присылаемых материалов. Только прошедшие первичную экспертизу рукописи статей, полностью соответствующие требованиям редакции журнала, соответствующие профилю журнала, получают статус «Принята к рассмотрению». Для них отдельно регистрируется дата приема рукописи статьи к рассмотрению.

**Рецензирование.** Принятые к рассмотрению рукописи статей направляются на слепое рецензирование для оценки их научного содержания нескольким специалистам соответствующего профиля, членам редакционной коллегии и/или редакционного совета. Экспертиза и рецензирование осуществляются бесплатно.

Решение о принятии к публикации основывается на поступивших рекомендациях рецензентов журнала. Если принято решение «рекомендовать с учетом исправления отмеченных недостатков», то автору направляются рекомендации и вопросы для исправления. Рукопись статьи, скорректированная автором, повторно направляется на рецензирование. Рукописи статей, не рекомендованные к публикации, повторно не рассматриваются. Автору рукописи направляется мотивированный отказ в публикации.

**Редакционная подготовка.** Рукописи статей, принятые к публикации, проходят редакционную подготовку к публикации – литературное редактирование и сверку данных, корректуру, форматирование, макетирование. Общий срок редакционной подготовки статьи, успешно прошедшей рецензирование, составляет 2 месяца в соответствии с периодичностью и графиком публикации выпусков. Корректур статей авторам не высылается, тем не менее вопросы, возникающие в процессе редактирования высылаются авторам для согласования.

Окончательный вариант макета статьи высылается по электронной почте автору на утверждение. На рассмотрение отводится три дня, по истечении которых в случае неполучения ответа от автора, макет автоматически считается автором одобренным и в представленном виде направляется в печать.

**Публикация.** Подготовленный к публикации макет тиражируется в типографии СибАДИ и размещается на сайте журнала в открытом бесплатном доступе. Публикация всех статей одного выпуска осуществляется единой датой.

Метаданные опубликованных статей выпуска регистрируются в РИНЦ, размещаются в библиографических сервисах и базах данных в сроки, установленные соответствующими договорами, распространяются по подписке.

#### **Контактная информация:**

e-mail: [vestnik\\_sibadi@sibadi.org](mailto:vestnik_sibadi@sibadi.org);

Почтовый адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Редакция научного рецензируемого журнала «Вестник СибАДИ»,

издательско-полиграфический комплекс: 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, д 1.

Тел. (3812) 65-88-30.

Редактор – ответственный секретарь «Вестника СибАДИ» – Федосеев Елен Сергеевна

*Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.*

*Гонорары не выплачиваются.*

**Все статьи публикуются бесплатно.**

Информация о научном рецензируемом журнале «Вестник СибАДИ»

размещена на сайте: <http://vestnik.sibadi.org>