

8. Galdina V.D., Gurova E.V. Issledovanie gorjuchikh slantsev kak syr'ja dlja proizvodstva mineral'nykh poroshkov [Study of oil shale as raw materials for manufacture of mineral powders]. *Razvitie dopozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov v osvoenii strategicheskii vazhnykh territorii Sibiri i Arktiki* [Development of road and transport both building complexes and development of strategically important territories of Siberia and Arctic regions: the science contribution. Materials of the International scientifically-practical conference]. [An electronic resource] Elektr. It is given. Omsk, SibADI, 2014, Kn.3, pp. 17 – 21. an access mode: <http://bek.sibadi.org/fulltext/EPD994.pdf>

9. Gezentsvej L.B., Gorelyshev N.V., Boguslavsky A.JA., Korolev I.V. *Dorozhnyi asfal'tobeton* [Road асфальтобетон]. Moscow, Transport, 1985. 350 p.

10. Jadykina V.V. Vlijanie aktivnykh poverkhnostnykh tseftrov kremnezemsoderzhashchikh mineral'nykh komponentov na vzaimodeistvie s bitumom [Of the active superficial centres silikat mineral components on interaction with bitumen]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*, 2003, no. 9, pp. 75 – 79.

Галдина Вера Дмитриевна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: galdin_ns@sibadi.org).

Гурова Елена Викторовна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: gurova-ev@mail.ru).

Кривонос Оксана Ивановна (Омск, Россия) – кандидат химических наук, научный сотрудник ФГБУН Института проблем переработки углеводородов СО РАН (644040, г. Омск, ул. Нефтезаводская, 54, e-mail: oksana@ihcp.ru).

Черногородова Мария Сергеевна (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: www.mamarya@mail.ru).

Vera Dmitrievna Galdina (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical sciences, the associate professor of Department «Constructions materials and special technologies» of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: galdin_ns@sibadi.org).

Elena Viktorovna Gurova (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical sciences, the associate professor of Department «Konstrukcion materials and special technologies» of The Siberian automobile and highwau academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: gurova-ev@mail.ru).

Oksana Ivanovna Krivonos (Omsk, Russian Federation) – candidate of chemistry sciences, research worker Institute of Hydrocarbon Processing, The Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IHCP SB RAS) (Omsk, 644040, 54 Neftezavodskaya st., e-mail: oksana@ihcp.ru).

Marija Sergeevna Chernogorodova (Omsk, Russian Federation) – The post-graduate student of Department «Hoisting-and-transport, Traction Cars and Hydraulik Aktuator» of The Siberian automobile and highwau academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: www.mamarya@mail.ru).

УДК 69.055.004.3

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ

О.В. Демиденко^{1,2}, В.А. Казаков², С.М. Кузнецов^{1,2}, Н.Е. Алексеев³

¹НОУ ВПО Омская гуманитарная академия, Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

³Сибирский государственный университет путей сообщения, Россия, г. Новосибирск.

Аннотация. В данной статье вопросы управления строительными потоками представлены с помощью формализованных модельных методов. Проанализированы особенности основного структурного элемента строительной производственной системы - специализированного потока. Выявлена и обоснована необходимость совместного планирования объемов поставки и потребления строительных материальных ресурсов. На основе проведенного исследования авторами разработана дискретная по времени вероятностная модель взаимодействия строительных потоков и транспортно-технологического процесса. Предложенные рекомендации по проектированию транспортно-технологического обеспечения строительных потоков материальными ресурсами позволят обеспечить непрерывность и равномерность производства работ и потребления материалов, повысить организационный уровень строительного производства.

Ключевые слова: строительный поток, транспортно-технологический процесс, моделирование, планирование, управление, организация и технология строительства.

Введение

Организационно-технологическому проектированию принадлежит важное место в системе инженерной подготовки строительства. Однако обеспеченность такими документами недостаточна. Материалоемкость строительства оказывает решающее влияние на организационно-технологические принципы формирования строительных потоков. В проектной документации недостаточно прорабатываются вопросы поставки материальных ресурсов на объекты возведения [1]. Конечной целью строительной производственной системы является своевременный ввод объектов в эксплуатацию. Строительный поток является основным структурным элементом производственной системы в строительстве. При анализе и описании производственной системы необходимо выделить процессы (операции), протекающие в ней. Это позволит найти возможные связи и взаимодействия. Зная состав системы, ее связи с внешней средой, взаимосвязи внутри системы и характер воздействия случайных факторов, можно составить математическую модель состояния системы.

Моделирование функционирования строительных потоков

Поточное строительство осуществляется с целью повышения экономической эффективности капитального строительства. Проектирование строительства заключается в определении технологической и организационной последовательности выполнения и взаимодействия специализированных потоков. Специализированный поток состоит из совокупности частных потоков, технологически взаимосвязанных между собой и развивающихся по общей схеме на одних и тех же захватках, объединенных общей строительной продукцией. Специализированный поток представляет собой совокупность средств труда, работников производства, затрачиваемых в операции исходных строительных материальных ресурсов и выпускаемой в операции строительной продукции, необходимых для выполнения по крайней мере одной технологической операции. Специализированные потоки выполняются комплексными или специализированными бригадами и комплектами машин (производственными звеньями) с целью равномерного и качественного выпуска

готовой продукции. Функционирование строительного потока определяется последовательностью во времени технологических и вспомогательных операций. Структура этой последовательности представляющая собой график производства работ организационно управляема через принятие решений о порядке и длительности операций. На реализацию управленческих решений оказывают влияние ограничения, к которым относятся ограничения общей длительности процесса и продолжительность отдельных операций, необходимость наладок и переналадок оборудования, проведения его ремонта. Наиболее значимыми являются ограничения, связанные с тем, что для выполнения операции необходимы материальные ресурсы - чтобы затратить какое-нибудь количество продукта, необходимо его иметь.

Построение моделей операций является основополагающим в описании системы в целом. Любая технологическая операция характеризуется:

- а) совокупностью исполнителей и средств труда, необходимых для ее выполнения (производственные звенья);
- б) продолжительностью операции u ;
- в) значением технологического управления v .

Управление v остается неизменным в течение операции, но в момент начала операции может выбираться из области допустимых значений V ($v \in V$), т.е. v - вектор, а V - ограниченная замкнутая область в пространстве соответствующей размерности. Объемы затрат и выпуска в операции являются функциями управления v и длительности u и обозначаются соответственно через $f^-(u, v)$, $f^+(u, v)$. Эти функции также векторные, их размерность совпадает с количеством затрачиваемых и выпускаемых в операции материальных ресурсов [2].

Таким образом, общее математическое описание операции сводится к заданию функций $f^-(u, v)$, $f^+(u, v)$, области V и указанию состава осуществляющего операцию производственного звена.

В системе потоков все операции считаются фиксированными с постоянной интенсивностью, для которых

$$f^\pm(u, v) = a^\pm(v)u, \quad (1)$$

где $a^-(v)$ и $a^+(v)$ - интенсивность затрат и выпуска соответственно.

Строительство как потоковая система воспринимается через закупки строительных материалов и организацию их поставки на строительные объекты. Транспортно – технологический процесс, состоящий из операций погрузки, разгрузки, транспортировки грузов, является неотъемлемой составной частью строительного производства. Основная цель системы транспортно – технологического обслуживания – непрерывное обеспечение материальными ресурсами строительных потоков с минимально возможными затратами. Система транспортно – технологического обслуживания представляет собой совокупность предприятий строительной индустрии, комплектующих, транспортных и строительных организаций. Системообразующим компонентом транспортно – технологической системы являются потоки материальных ресурсов в виде разнообразных строительных материалов, изделий и конструкций, начиная от подготовки и погрузки материалов и изделий на складах поставщиков и кончая подачей их на рабочее место строительных бригад.

Транспортно-технологический процесс численно описывается количеством и типом транспортных средств, их грузоподъемностью и грузоместимостью, продолжительностью использования, номенклатурой доставляемых строительных материалов, изделий, полуфабрикатов и конструкций, материальными затратами на доставку и хранение единицы продукта в единицу времени, объемами и сроками поставки.

Главными признаками поточного производства согласно [3,5] считают следующее:

1. выполняется большое количество однородных и однотипных работ;
2. однородные процессы выполняют последовательно друг за другом;
3. оборудование и рабочие места, участвующие в производственном процессе, расположены в порядке последовательности движения строительных материалов при изготовлении строительной продукции;
4. за каждым рабочим местом закрепляется одна или несколько однородных операций, характеризующаяся постоянным составом исполнителей, орудий производства, материалов и деталей.
5. процесс производства совершается непрерывно;

6. предметы труда передаются с одного места на другое немедленно после окончания операции.

Указанный набор признаков определяет поточно-массовое производство в строительстве.

Качественно структура производственной системы может быть представлена как результат объединения производственных звеньев (специализированных потоков), связанных между собой через звенья хранения. Специализированные строительные потоки, потребляющие исходные материальные ресурсы связаны со звеньями хранения и производства с помощью транспортно-технологического процесса.

Функционирование производственной системы может быть математически описано как процесс изменения состояния строительных потоков (переходов с одной операции на другую) и процесс изменения состояния складов (организация доставки материальных ресурсов).

Состояние системы в произвольный момент времени должно характеризоваться не только количеством материалов на складе, но и фазой выполняемой операции. Переход на новую операцию при незакончившейся старой приводит к тому, что в этом периоде затраты производятся, а выпуск исчезает. Это не всегда допустимо по технологическим возможностям. Учитывая особенности реального производства, при математическом моделировании принимается условие непрерывности единичных операций. Переход на новую операцию допускается только после окончания периода старой.

Функционирование системы строительных потоков не предопределено ее внутренним состоянием, а зависит от принимаемых управленческих решений [4].

Общая задача оперативного управления строительными потоками состоит в текущей корректировке хода производства на основе поступающей информации о его состоянии.

Строительное производство, связанное с возведением любого объекта подразделяют по производственному признаку на периоды.

Предположим, что

- 1) каждому k - му производственному звену, $k \in K$, установлен объем работ в течение каждого этапа $n=0,1,\dots,N-1$, причем N равно по определению T , $T \geq 1$ (где T – продолжительность периода планирования, а длительность этапа принята за 1);

2) каждому производственному звену запланирован расход одного или нескольких видов строительных материалов в течение каждого периода;

3) каждое производственное звено состоит из группы строительных рабочих разных специальностей и квалификации;

4) рабочие операции выполняются с постоянной интенсивностью или периодически, но так, что длительность любой операции пренебрежительно мала по сравнению с продолжительностью каждого периода, принятого за единицу времени;

5) возможен контроль отклонений хода производства от плана;

6) возможна корректировка планового задания на очередной этап на основе результатов контроля за ходом производства в течение предшествующих подпериодов в пределах внеплановых резервов времени работы строительных рабочих;

7) отклонение хода производства от планового случайно, что формально проявляется в случайном изменении от этапа к этапу интенсивностей операций; планируемые интенсивности постоянны.

Исходя из указанных предположений и общей модели производственной системы выполним описание функционирования строительных потоков с помощью дискретной по времени динамической модели со случайными параметрами.

Пусть $S_i(n)$ - имеющийся запас i - строительного материала на начало этапа выполнения строительного монтажа работ n , $q_i^+(n)$ - объем поступления i строительного материала в течении этапа n , $q_i^-(n)$ - объем потребления i - строительного материала в ходе выполнения строительного монтажа работ на данном этапе. Тогда

$$\left. \begin{aligned} S_i(n+1) &= S_i(n) + q_i^+(n) - q_i^-(n), \\ q_i^+(n) &= \sum f_{ik}^+(n), \quad q_i^-(n) = \sum f_{ik}^-(n), \end{aligned} \right\} (2)$$

где $f_{ik}^+(n)$ - объем поставки i - строительного материала от k поставщика на этапе n , $f_{ik}^-(n)$ - объем потребления i - строительного материала k производственным звеном (строительно-монтажной бригадой) на этапе n .

Плановые поступления и потребление i - строительного материала должны быть сбалансированы и постоянны, т. е.

$$q_i^+(n) = q_i^-(n) = const. \quad (3)$$

Отклонения объемов поставки и потребления от плана выполнения строительного монтажа работ может быть вызвано случайными факторами, связанными с колебаниями спроса и управляющими воздействиями. Уравнения (2) можно записать в отклонениях от плана:

$$\left. \begin{aligned} S_i(n+1) &= S_i(n) + q_i^+(n) - q_i^-(n), \\ \Delta q_i^\pm(n) &= \sum \Delta f_{ik}^\pm(n). \end{aligned} \right\} (4)$$

Технологическое управление $u_k(n)$ определяет расход материальных ресурсов в том же отрезке времени, а поставка производится с запаздыванием θ_k (в частности возможен вариант $\theta_k = 0$ при использовании технологии «монтаж с колес») [6]. С учетом изложенного объем потребления:

$$\Delta f_{ik}^-(n) = \alpha_{ik}^- u_k(n) + \xi_{ik}^-(n), \quad (5)$$

где α_{ik}^- - производительность или интенсивность потребления k производственным звеном на этапе n ; $u_k(n)$ - плановая продолжительность операций строительного монтажа работ; $\xi_{ik}^-(n)$ - случайные факторы колебаний спроса.

Объем поступления:

$$\Delta f_{ik}^+(n) = \alpha_{ik}^+ u_k(n - \theta_k) + \xi_{ik}^+(n), \quad (6)$$

где α_{ik}^+ - производительность транспортного средства; $u_k(n)$ - количество поставок; θ_k - продолжительность операций транспортно-технологического процесса; $\xi_{ik}^+(n)$ - случайные факторы транспортно-технологического процесса.

Учтем, что часть операций, $k \notin K_u$, является неуправляемой ($\alpha_{ik}^- = 0$), и введем в рассмотрение матрицы $A^+ = \begin{pmatrix} + \\ \alpha_{ik}^- \end{pmatrix}$, где

$$\alpha_{ik}^\pm \triangleq \begin{cases} \bar{\alpha}_{ik}^+, & k \in K_i^+ \cap K_u, \\ 0, & k \notin K_i^+ \cap K_u, \end{cases} \quad (7)$$

Тогда уравнения (4) можно записать в матричном виде

$$S(n+1) = S(n) + A^+ u(n) - A^- u(n - \theta) - q(n), \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} S(n) \Delta(S_i(n), i \in J), \\ u(n) \Delta(u_k(n), k \in K_u), \\ u(n - \theta) \Delta(u_k(n - \theta_k), k \in K_u), \\ q(n) \Delta(q_i(n), i \in J), \\ q_i(n) \Delta - \sum_{k \in K_i^+} \xi_{ik}^+(n) + \sum_{k \in K_i^-} \xi_{ik}^-(n). \end{aligned}$$

Уравнения (8) аналогичны уравнениям многофазной системы снабжения, представленной в [7], которая позволяет рассматривать строительное производство как "конвейер снабжения".

Эффективность управления поточно-массовым производством может оцениваться через обеспечение ритмичности работы и затраты на обеспечение. Можно требовать наилучшей ритмичности при ограниченных затратах, наименьших затрат при фиксированной ритмичности или наименьших суммарных затрат с учетом потерь, вызванных неритмичностью.

Ритмичность поточных линий достигается при условии выполнения работ на строительной площадке в соответствии с установленным графиком. Графики комплектации объектов должны составляться с учетом возможности объективно обусловленных изменений продолжительности выполнения строительно-монтажных работ и процесса доставки материалов на объекты возведения.

Для реализации графика производства строительно-монтажных работ необходимо соблюдение условия - объемы потребления и выпуска продукции в каждый момент времени должны быть приблизительно равны. Материальные ресурсы могут быть получены либо с предшествующей по технологической схеме операции, либо в ходе выполнения процесса поставки.

Ритмичность строительных потоков учитывает следующие факторы:

- а) обеспечение внешнего спроса, представляемого плановым заданием;
- б) обеспечение выданных производственных звеньям заданий строительными материалами и конструкциями;
- в) размер колебаний временной загрузки производственных звеньев.

Качественно высокую ритмичность можно считать эквивалентной высокому уровню обеспеченности внешнего и внутрисменного спроса при ограниченной интенсивности колебаний загрузки. Необеспеченность

внутрисменного спроса, проявляющаяся в несоответствии выдаваемых заданий наличию необходимых для него строительных материалов, изделий и конструкций является важнейшим проявлением неритмичности.

Заключение

Каждый специализированный поток выпускает свойственную только ему строительную продукцию, соответственно потребляет необходимые для нее материалы. Поэтому формирование структуры грузопотоков должно быть направлено на своевременное и качественное обеспечение специализированных потоков исходными для технологического процесса строительными материалами и конструкциями. Следовательно, при проектировании транспортно-технологического процесса необходимо учитывать условия функционирования строительных потоков и в соответствии с этим определять рациональные типы подвижного состава, их количество и график работы.

Таким образом, моделирование функционирования строительных потоков неразрывно связано с транспортно-технологическим процессом обеспечения их строительными материалами и конструкциями. Управление системой строительных потоков должно осуществляться в соответствии с проектом производства работ, в котором рассчитываются продолжительность каждой операции и возможности ее обеспечения необходимыми материальными ресурсами. В проекте производства работ должны разрабатываться мероприятия, позволяющие функционировать системе при различных отклонениях от графиков производства работ и поставки материальных ресурсов. Важным при проектировании специализированных потоков является условие их непрерывности, которое реализуется наличием необходимых материальных ресурсов на складе или своевременной их поставкой, обеспечением фронтом работ и соблюдением продолжительности выполнения каждой операции в соответствии с графиком производства. Обеспечение данных условий позволит повысить организационный уровень управления строительными потоками, обеспечит непрерывность и равномерность производства работ и потребления материалов, а следовательно, и всех технических средств, включенных в поток.

Библиографический список

1. Сироткин, Н.А. Теоретические основы управления строительным производством: уч. пособие / Н.А. Сироткин, С.Э. Ольховиков. – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 141 с.
2. Демиденко, О.В. Основы управления строительным потоком/ О. В. Демиденко // Омский научный вестник. – 2013. – № 1(115). – С. 68-71.
3. Гусаков, А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования) / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1974. – 252 с.
4. Sychev, S. Sharipova D. Monitoring and Logistics of Erection of Prefabricated Modular Buildings. Indian Journal of Science and Technology. 2015, no 8(29). pp. 1–6.
5. Ротачев, А.Г. Основы теории и практики управления строительством: уч. пособие / А.Г. Ротачев, Н.А. Сироткин. – М.: Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 136с.
6. Демиденко, О.В. Экономико-математическая модель транспортно-технологического процесса в строительстве / О.В. Демиденко // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. – №4(14). – С. 20-25.
7. Первозванский, А.А. Математические модели в управлении производством / А.А. Первозванский. – М.: Наука. 1995. – 616 с.

MODEL BUILDING OPERATION FLOWS

O.V. Demidenko, V.A. Kazakov,
S.M. Kuznetsov, A.E. Alekseev

Abstract. In this article, building traffic management issues presented by a formal modeling methods. The features of the main structural element of the construction of the production system - a specialized stream. And revealed the necessity of joint planning and delivery volumes of consumption of building material resources. On the basis of the study authors developed a discrete time-probabilistic model of the interaction of building streams and transport process. The proposed recommendations for the design of transport and technological maintenance of building streams by material resources will ensure the continuity and regularity of production activities and consumption of materials, enhance organizational level of building production.

Keywords: building flow, transport workflow, modeling, planning, management, organization and building technology

References

1. Sirotkin N.A., Ol'hovikov S.Je. *Teoreticheskie osnovy upravlenija stroitel'nym proizvodstvom* [Theoretical construction of production management basics]. Moscow, Berlin: Direkt-Media, 2016. 141 p.
2. Demidenko O.V. *Osnovy upravlenija stroitel'nym potokom* [Basics of construction management Flow]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2013, no 1(115). pp. 68-71.

3. Gusakov A.A. *Organizacionno-tehnologicheskaja nadezhnost' stroitel'nogo proizvodstva (v uslovijah avtomatizirovannyh sistem proektirovanija)* [Organizational-technological reliability of building production (in terms of automated design systems)]. Moscow, Strojizdat, 1974. 252 p.

4. Sychev S. Sharipova D. Monitoring and Logistics of Erection of Prefabricated Modular Buildings. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015, no 8 (29). pp. 1–6.

5. Rotachev A.G., Sirotkin N.A. *Osnovy teorii i praktiki upravlenija stroitel'stvom* [Fundamentals of the theory and practice of construction management]. Moscow, Berlin: Direkt-Media, 2016. 136 p.

6. Demidenko O.V. *Jekonomiko-matematicheskaja model' transportno-tehnologicheskogo processa v stroitel'stvem* [Economic-mathematical model of transport and technological process in stroitel'stv]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija*, 2013, no 4 (14). pp. 20-25.

7. *Pervozvanskij A.A. Matematicheskie modeli v upravlenii proizvodstvom* [Mathematical models in production management]. Moscow, Nauka. 1995. 616 p.

Демиденко Ольга Владимировна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5); доцент кафедры «Коммерции, маркетинга и рекламы» НОУ ВПО Омская гуманитарная академия (644115, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2а, e-mail: dovanddms@yandex.ru).

Кузнецов Сергей Михайлович (Россия, г. Новосибирск) – доктор технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Технология, организация и экономика строительства»; Сибирский государственный университет путей сообщения (630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, e-mail: ksm56@yandex.ru).

Казаков Виталий Анатольевич (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук и.о. зав. кафедрой «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: k9139742550@gmail.com).

Алексеев Николай Евгеньевич (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Коммерции, маркетинга и рекламы» НОУ ВПО Омская гуманитарная академия, (644115, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2а); доцент кафедры «Общая экономика и право» ФГБОУ ВПО СибАДИ», 644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: oei@mail.ru).

Demidenko Olga Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor «The organization and technology of construction» of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5); associate professor "Commerce, marketing and advertizing" NOU Omsk Humanitarian Academy (644115, Omsk, st. 4 Chelyuskins, 2a, e-mail: dovanddms@yandex.ru).

Kuznetsov Sergey Mikhaylovich (Russian Federation, Novosibirsk) – doctor of technical sciences, the senior research associate, the associate professor «Technology, the organization and economy of construction»; Siberian Government University of railways (630049, Novosibirsk, D. Kovalchuk St., 191, e-mail: ksm56@yandex.ru).

Kazakov Vitaly Anatolyevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences of the acting department chair «The organization and technology of construction» of The Siberian automobile and highway

academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: k9139742550@gmail.com).

Alekseev Nikolay Evgenyevich Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, the associate professor «Commerce, marketing and advertising» NOU Omsk Humanitarian Academy, (644115, Omsk, st. 4 Chelyuskins, 2a); associate professor «General economy» of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) t, 644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: oeip@mail.ru).

УДК 625.731.9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИИ

Е.А. Коротков, К.С. Иванов

Институт криосферы Земли СО РАН, Россия, г. Тюмень;

АНО «Губернская академия», Россия, г. Тюмень;

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет», Россия, г. Тюмень.

Аннотация. В статье приведено описание экспериментального стенда для проведения испытаний на морозоустойчивость дорожных конструкций. Уделено внимание возможностям стенда. Предлагаемый экспериментальный стенд позволяет в лабораторных условиях моделировать процессы промерзания/оттаивания грунтов земляного полотна, проводить измерения температурного режима и механической устойчивости многослойных конструкций автомобильных дорог, а также оценить эффективность разных теплоизоляторов, используемых в качестве морозозащитного слоя в конструкциях автомобильных дорог.

Ключевые слова: экспериментальный стенд, сезонное промерзание, морозозащитный слой, теплоизоляционные материалы.

Введение

Повреждения транспортных сооружений, обусловленные морозным пучением грунтов земляного полотна, являются характерными проблемами дорожного строительства для регионов с сезонным промерзанием грунтов (I, II, III и IV дорожно-климатические зоны Российской Федерации). Так, предотвращение разрушений транспортных сооружений в результате морозного пучения грунтов является актуальным для 90% площади РФ [1,2].

Интенсивность негативных последствий глубокого промерзания на объектах транспортной инфраструктуры напрямую зависит от устойчивости многослойных дорожных конструкций к циклам промерзания/оттаивания. В течение последних десятилетий различные технические решения использовались для снижения последствий морозного пучения. Наиболее эффективным методом борьбы с морозным пучением является устройство

морозозащитного слоя в основании дорожной одежды.

К основным теплоизоляционным строительным материалам, используемым для устройства морозозащитных слоев в дорожных конструкциях РФ, относятся: пенополистирольные плиты, легкие бетоны, теплоизоляционные композиции из укрепленных вяжущими местными материалами (грунтов) или отходов промышленности и пористых заполнителей (керамзит, перлит, аглопорит, гранулы полистирола, измельченные отходы пенопласта) и др. [3,4,5,6]. Данные материалы способны снизить глубину промерзания, тем самым минимизировать процессы морозного пучения.

Современные подходы к выбору теплоизоляционных материалов для дорожного строительства далеко не всегда демонстрируют необходимую эффективность борьбы с морозным пучением. Улучшение состояния транспортной инфраструктуры предполагает совершенствование подходов к