

Shepeleva Elena Vital'evna (Russian Federation, Chelyabinsk) – post-graduate student of the Department Motor Transport, South Ural state University

(national research university) (454080, Lenin av., 76, Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: sev_08@mail.ru).

УДК 629.113

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ

И А. Козлов, В.В. Евстифеев, Р.Ш. Айтыков, Ж.Г. Оспанов
ФГБОУ ВО СибАДИ, Россия, г. Омск

Аннотация. Представлены тепловые, некоторые конструкторские расчеты, а также планировочные решения одного из вариантов разработки мобильного автомобильного комплекса, предназначенного для работы в районах Севера, в экстренных ситуациях, в зонах, где нет заправочных станций и складов ГСМ, с установкой для питания карбюраторного двигателя газогенератора обратного действия. Базовый автомобиль с V-образным карбюраторным двигателем ЗМЗ – 5233.10 мощностью 130 л.с. оснащается двумя газогенераторами (для обеспечения центровки), резервным бензобаком, лебедкой, емкостями для топлива, бензопилой и ручными пилами, топорами и другими инструментами.

Ключевые слова: базовый автомобиль, газогенераторы, виды твердого топлива, устройства очистки и охлаждения газа, генераторный газ, схемы газификации.

Введение: В условиях крайнего Севера, в экстренных ситуациях, в зонах, где нет заправочных станций и складов ГСМ, использование транспортно-технологических комплексов с газогенераторными установками (обратного или прямого действия) для питания карбюраторных двигателей весьма перспективно. Об этом говорит опыт Канады и КНДР. Используя, например, в качестве базового шасси внедорожные автомобили и газогенераторы прямого или обратного действия, можно разработать универсальные мобильные комплексы.

Для разработки комплексов был выбран автомобиль Садко-Next с 8-ми цилиндровым V-образным карбюраторным двигателем ЗМЗ – 5233.10 мощностью 130 л.с. при 3200 - 3400 об/мин, имеющим объем цилиндров 4680 см³, с крутящим моментом 314 Н·м, при 2000

об/мин. Двигатель дешевый, отработанный в производстве и доступный в обслуживании. Простой и неприхотливый, он несложен в ремонте и не требует высокой квалификации обслуживающего персонала, что особенно важно для России, в условиях больших расстояний до станций технического обслуживания. Доступность ремонта дополнительно обеспечивается широким распространением запасных частей.

Теплотехнические расчеты газогенераторных установок

Первый комплекс предлагается оснастить газогенератором прямого действия (рисунок 1а), второй - газогенератором обратного действия (рисунок 1б), [1, 2].

Исходные данные для определения параметров газогенераторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Данные для расчета газогенераторных установок

Параметр	Автомобиль Садко-Next
Диаметр цилиндра, D, мм	92
Ход поршня, S, мм	88
Степень сжатия	7,6
Коэффициент наполнения, η	0,75
Частота вращения вала, n, об / мин	3000
Коэффициент избытка воздуха, α	0,99
Теоретическое количество воздуха, L ₀	0,142
Удельная поверхность слоя, b, мм,	30
Температур кислородной зоны, T	1200
Высота активной зоны, H, мм	260

Схемы газификации выбраны с учетом того, в каких регионах будут использоваться комплексы. Преимущество прямого процесса - простота исполнения [2, 3]. Недостаток - большое содержание влаги и смол; такой газ непригоден для питания двигателей, а очистка требует сложной аппаратуры. Данный недостаток можно устранить, используя бессмольное очищенное топливо: древесный уголь, дрова не хвойных пород, кокс, полукокс, антрацит (таблица 2), [2, 3].

Основным достоинством газогенераторов обращенного действия является то, что в них создаются условия для получения бессмольного газа из таких богатых смолами топлив, как дрова хвойных пород, торф и растительные отходы (таблица 2), [4, 5, 6]. В силу этого обращенный процесс газификации и получил наибольшее распространение в силовых газогенераторах стационарного и транспортно-го типов.

При прямом процессе газификации воздух поступает через колосниковую решетку и входит в кислородную зону (рисунок 1а). Процесс горения углерода протекает с выделением тепла, при этом температура в слое повышается до 1200-1500°C. Поток газов из кислородной зоны, поднимаясь кверху, нагревает расположенный выше слой топлива до температур 900-1100 °С. Здесь углекислота вступает в соединение с раскаленным углеродом и частично восстанавливается до окиси углерода [4, 5, 6, 7],

В газогенераторе обращенного действия воздух подается в среднюю часть слоя топлива (рисунке 1 б), а образующиеся газы отсасываются снизу. Таким образом, активная зона занимает нижнюю часть газогенератора - от места подвода воздуха до колосниковой решетки, ниже которой расположен зольник с газоотборным патрубком.

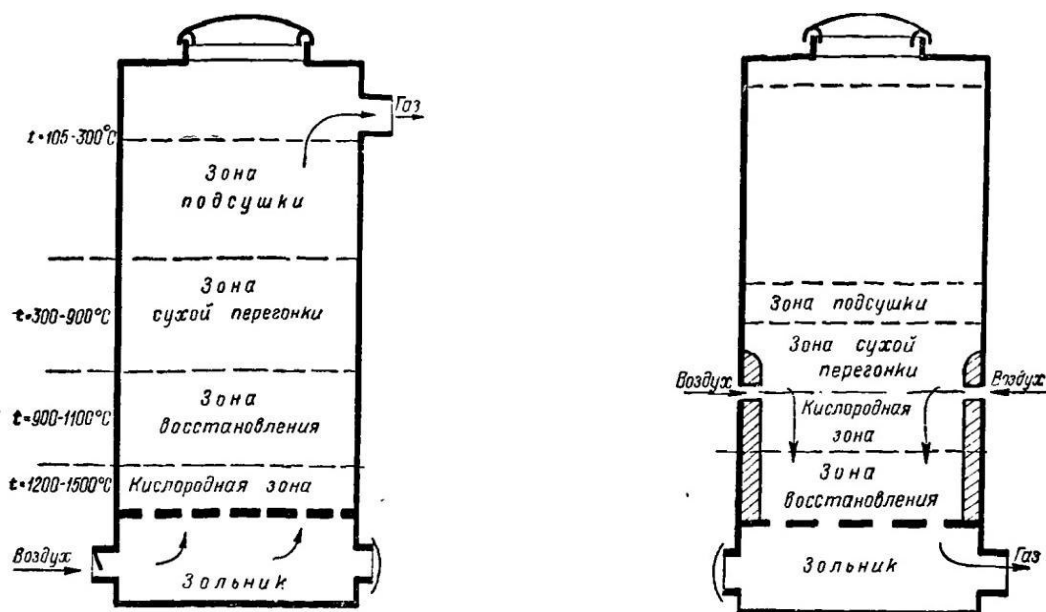


Рис. 1. Схемы газогенераторов: а - прямого действия, б – обратного действия

В состав газогенераторных установок входят (рисунок 2): емкости 2, в которых протекают реакции газификации, очистители-охладители 4, трубопроводы, блоки тонкой очистки 5, раздувочные вентиляторы 7, охладители - смесители 8 и др. элементы.

Теплотворность топлива определяется по формулам Д.И. Менделеева [7]:

$$Q_B = 81C + 300H - 26(O - S), \quad (1)$$

$$Q_H = 81C + 300H - 26(O - S) - 6(9H + W), \quad (2)$$

где С, Н, S, О – процентное содержание химических элементов и влаги W в топливе.

Генераторный газ, получающийся в зоне газификации газогенератора благодаря взаимодействию углерода топлива с кислородом воздуха, представляет собой смесь нескольких газов. Эти газы являются результатом протекания ряда реакций.

Первая реакция:



Тепло, выделяющееся при этой реакции, приводит к развитию высоких температур в кислородной зоне и плавлению золы. В этих

случаях добавка водяного пара W к воздуху снижает температуру и выравнивает ход генераторного процесса.

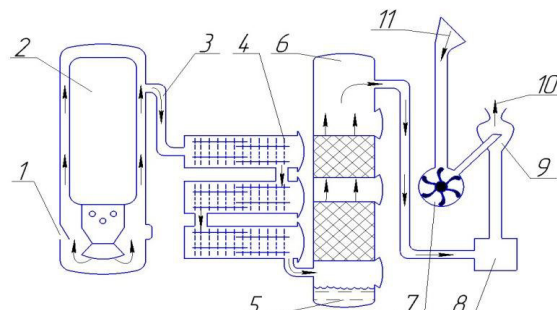


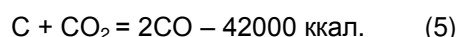
Рис. 2. Схема газогенераторной установки: 1 - забор воздуха; 2 - газогенератор; 3 - выход газа; 4 - блок очистителей-охладителей; 5 - слив конденсата; 6 - блок тонкой очистки; 7 - раздувочный вентилятор; 8 - отстойник газа; 9 - смеситель; 10 - подача смеси в цилиндр; 11 - забор воздуха
*Примечание: 1 - топливо смолистое; 2 - топливо бессмольное.

Скорость реакции в общем виде выражается уравнением:

$$\frac{dC}{dt} = K_1(C_0 - C_1) \quad (4)$$

где C_0 - начальная концентрация кислорода; C_1 - кислород, израсходованный в течение времени t ; K_1 - коэффициент скорости реакции.

Вторая реакция:



Эта реакция характерна для восстановительной зоны и отражает процессы восстановления углекислоты в окись углерода. Реакция эндотермичная и идет с увеличением объема, следовательно, повышение температуры и уменьшение давления будут способствовать увеличению выхода CO .

Константа равновесия реакции определяется по формуле:

$$k = (CO)^2 / (CO_2). \quad (6)$$

Скорость реакции восстановления углекислоты зависит от состояния реагирующей поверхности, от ее пористости.

Время пребывания углекислоты в восстановительной зоне, необходимое для завершения реакций восстановления, можно представить уравнением скорости этой реакции:

$$\frac{dx}{dt} = K_1 \left(m - \frac{m+1}{2} x \right) \quad (7)$$

где x - содержание CO в газе по истечению времени t ; m - содержание CO_2 в газе в начале реакции; K_1 - коэффициент скорости реакции; t - время протекания реакции в сек.

Производительность газогенератора определяется в зависимости от параметров двигателя, для питания которого он рассчитывается. Если D и S - диаметр и ход поршня, m ; l - число цилиндров; n - частота вращения коленчатого вала; η - коэффициент наполнения.

Тогда расход газозооушной смеси $Q_{см}$ для четырехтактного двигателя составит:

$$Q_{см} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} S \cdot l \cdot \eta \cdot \frac{n}{2} 60 \text{ м}^3 / \text{час} = 315,7 \text{ м}^3 / \text{час} \quad (8)$$

$$\text{или } Q_{см} = Q_{газ} + Q_{газ} L_0 a \quad (9)$$

где $Q_{газ}$ - расход газа двигателем в $\text{м}^3 / \text{час}$; a - коэффициент избытка воздуха; L_0 - теоретическое количество воздуха для сгорания газа, $\text{м}^3 / \text{м}^3$,

$$L_0 = \frac{1}{21} [0,5(CO + H_2) + 2CH_4 - O_2] = 0,142 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (10)$$

Из выражений 8, 9, 10 получим:

$$Q_{газ} = \frac{1}{1 + a \cdot L_0} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} S \cdot l \cdot \eta \cdot \frac{n}{2} 60 = 277 \text{ м}^3 / \text{час} \quad (11)$$

Тогда расход твердого топлива двигателем определится (при выходе сухого газа в среднем 2,3 м³ / кг) из выражения [3]:

$$G = Q_{\text{газ}} / E = 120,43 \text{ кг/час}, \quad (12)$$

$$g = \frac{G}{N_e} = \frac{120}{100} \approx 1,2. \quad (13)$$

Эффективная мощность двигателя N_e определяется методом теплового расчета. Коэффициент наполнения η_v для газогенераторных двигателей колеблется от 0,65 до 0,75. Расход топлива в эксплуатации будет менее расчетного, так как двигатель обычно работает на прикрытых дросселях. Для получения эксплуатационного расхода необходимо вводить поправку на степень использования мощности.

Основными размерами камеры газификации являются ее высота и диаметр. Высота камеры определяет необходимую и достаточную для завершения процесса толщину слоя топлива, т. е. размер активной зоны по

высоте. Диаметр камеры определяет возможную производительность генератора [7].

Профессором Н.П. Вознесенским [8] доказано, что реакции газификации протекают на поверхности топлива. Внутренние области частиц в активной зоне реакцией не охватываются. Поэтому производительность процесса пропорциональна не объему слоя, а его поверхности. В связи с этим рекомендуется заваливать, например, чурочки длиной до 60 мм и небольшого сечения [8]. Таким образом, если при газификации древесины при температурах зоны 1200 и 850°C - средний размер частиц, угля, например, 30 мм, то высота активной зоны будет 260 мм. Опыт показал, что для газификации кускового торфа и торфяного кокса высота активных зон может быть принята такая же, как для древесного угля. Высота же зоны для ископаемых топлив увеличивается в связи с образованием шлака. Приблизительно можно принять коэффициенты увеличения по сравнению с размерами соответствующих активных зон древесного угля: для антрацита 1,8, для бурого угля и многозольного кокса — 1,3.

Таблица 3 – Высота активной зоны [9]

Средний диаметр частиц топлива в активной зоне, мм	Удельная поверхность слоя, см ² /см ³	Высота активной зоны в мм при средних температурах зоны горения / зоны восстановления	
		1500 / 1000°C	1200 / 850°C
45	0,86	301	377
50	0,77	336	422
55	0,71	365	457

Высота активной зоны определяет высоту камеры газификации (таблица 3), а диаметр камеры газификации D_1 подсчитывается по формуле:

$$D_1 = 113 \sqrt{\frac{G}{q}} = 113 \sqrt{\frac{120}{600}} = 50,5 \text{ см} \quad (14)$$

Но, так как при установке одного газогенераторного котла, диаметром 600 мм, нагрузка на раму автомобиля и на его конструкцию является не симметричной, и центр тяжести смещается в поперечном направлении, а это ведет к небезопасной эксплуатации автомобиля, было принято решение об установке двух котлов диаметром 400 мм.

По формуле (14) - где G - расход твердого топлива двигателем, кг/час; q — напряженность горения, кг/м² час (для древесных чурок $q = 500 - 900$ кг/м² час; для древесного угля $q = 200 - 500$ кг/м² час; для антрацита $q = 200 - 300$ кг/м² час). Тогда для древесно-чурочных

газогенераторов $D_1/D_2 = 1,6 - 2,3$. Расстояние от плоскости, проходящей через оси фурм до горловины, для обычных древесно-чурочных автотракторных газогенераторов принимается от 100 до 150 мм. Число и размер фурм определяется условиями равномерного охвата активной зоны дутьем и принятой скоростью входа воздуха. Для газогенераторов обратного процесса число фурм принимается от 5 до 12.

Суммарное проходное сечение фурм или сопла определяется через часовой расход воздуха L' час через фурмы (с поправкой на температуру подогрева $t^\circ \text{C}$):

$$L'_{\text{час}} = Q_{\text{газ}} \cdot L_0 \frac{273+t}{273} = 277 \cdot 0,142 \frac{273+400}{273} = 97 \text{ м}^3/\text{час} \quad (15)$$

и скорость входа воздуха:

$v = 20 - 30$ м/сек, так:

$$f = 2,78 \cdot \frac{L'_{\text{час}}}{v} = 2,78 \cdot \frac{97}{22} = 12,25 \text{ см}^2 \quad (16)$$

ТРАНСПОРТ

Объем бункера определяется из выражения:

$$V_6 = \frac{G \cdot z'}{\gamma} = \frac{120 \cdot 2'}{100} = 2,4 \text{ м}^3, \quad (17)$$

где G — расход твердого топлива, кг/час; z' — максимальное число часов работы на одной загрузке; γ — насыпной вес топлива, кг/м³.

Диаметр газопровода равен:

$$d = 0,14 \sqrt{\frac{277 \cdot 673}{10}} = 19,1 \text{ мм}, \quad (18)$$

где $Q'_{\text{газ}}$ — расход газа при 0°C и 760 мм. рт. ст.; t — температура газа в рассчитываемом сечении газопровода, °C; v_1 — допустимая скорость газового потока, равная 10-12 м/сек. В результате теплового расчета определены параметры газогенераторной установки (таблица 4).

Таблица 4 – Параметры газогенератора

Параметр	Значение	Размерность
Расход газа	277	м ³ /час
Расход дров на 100 км	120	кг
Диаметр камер газификации	Две по 40	см
Диаметр газопровода	19,1	мм
Мощность ДВС	96 (130)	кВт (л.с.)
Время работы на одной загрузке при средней скорости движения - 40 км/час	2	ч

С учетом расчетов и рекомендаций [4, 9, 10] предлагаются проекты мобильных комплексов с газогенераторными установками прямого и обратного процессов газификации. Общая компоновка представлена на рисунке 3. Базовый автомобиль оснащается двумя газогенераторами 1 (в случае выхода из строя одного – второй может быть резерв-

ным), очистителями-охладителями 2, блоком чистой очистки газа (расположен между газогенераторами, резервным бензобаком 3, лебедкой, емкостями для топлива, бензопилой и ручными пилами, топорами и другими инструментами, запасное колесо. Возможно в зимний комплект включать надувную лодку.

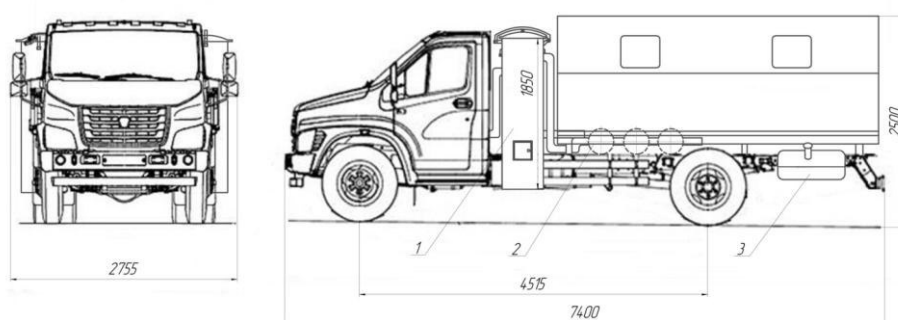


Рис. 3. Компоновка мобильного комплекса на шасси Газон - Next: 1 – газогенераторы; 2 – батарея охладителей - очистителей; 3 – резервный топливный бак

Заключение

Теплотехнические расчеты газогенераторов с привязкой к современному российскому автомобилю показали, что в результате проектирования и внедрения установок мы получим мобильные комплексы, которые отвечают требованиям оснащения, расходу топ-

лива и универсальности применения в районах отсутствия ГСМ, складов ГСМ, автобаз, АТП. Базовое шасси автомобилей обеспечивает хорошую проходимость по грунтовым дорогам, в любых климатических условиях и в любое время года.

Библиографический список

1. Менделеев Д.И. Сочинения, Том 11. Топливо / под ред. Н.М. Караваева – Л.: М.: Изд-во АН СССР, 1949, - 584 с.
2. Мезин, И.С., Транспортные газогенераторы / И.С. Мезин. – М.: Сельхозгиз, 1948.
3. Коллеров, Л.К. Газомоторные установки / Л.К. Коллеров. – Л.: Машгиз, 1951. - 237 с.
4. Руководство по устройству, изготовлению оборудования и технике безопасности газогенераторных станций, Гостоптехиздат, 1949.
5. Греберг, Г Основы учения о теплообмене / С. Эрк, У. Григуль, Г.Греберг // под редакцией Гухмана. – М.: Машгиз, 1958. - 565 стр.
6. Теплотехника: Учебник / под ред. И.В. Крутова. – М.: Машгиз, 1986. - 432 с.
7. Михайловский, В.П. Расчеты горения топлива, температурных полей и тепловых установок технологии бетонных железобетонных изделий: учебное пособие /В.П. Михайловский, Э.Н. Мартымянова, В.А. Ушаков. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2011. – 261 с.
8. Белоусов, В.Н. Топливо и теория горения. Ч.1. Топливо: Учебное пособие / В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, О.С. Смирнова. - СПб.: Изд-во СПбГТУРП, 2011. – 84 с.
9. Крамаренко Г.В. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1983. – 487 с.
10. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.
11. Определение основных размеров газогенератора. Лесотранспортные машины. Industrial – wood.ru
12. Вознесенский Н.П. Легкие газогенераторы, исследование их работы, теория, расчет и применение в лесотранспорте: Дис. ... канд. техн. наук / Н. П. Вознесенский. - Архангельск: Лесотехнический институт. –1937. - 472 с.

DEVELOPMENT OF MOBILE COMPLEX WITH THE GAS GENERATOR

I.A. Kozlov, V.V. Evstifeev,
R.Sh. Atytkov, J.G. Ospanov

Abstract. Presented heat, some engineering calculations and planning decisions of one embodiment of a mobile automobile complex development, designed to work in areas of the North, in emergency situations, in areas where there are no gas stations and fuel depots, with the installation of the carburettor engine power gas generator facing action. The base car with a V-carburetor engine ZMZ - 5233.10 130 hp is equipped with two gas generators (for centering), reserve fuel tank, winch, tanks for fuel, chainsaws and handsaws, axes and other tools.

Keywords: the base car, gas generators, solid fuels, gas cleaning and cooling devices, producer gas, gasify.

References

1. DI Mendeleev Works, Volume 11. Fuel / ed. NM Karavaeva - L: M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1949. - 584 p..
2. Mezin, IS, Transportation gasifiers / IS Mezin. - M.: Sel'khozgiz 1948.
3. Kollerov, LK NGV installation / LK Kollerov. - L.: Mashgiz, 1951. - 237 p.
4. The installation guide, the production equipment and the safety of gas-stations, Gostoptekhizdat 1949.
5. Greberg, D Fundamentals of heat transfer / S. Erk, W. Grigull, G.Greberg // edited Gukhman. - M.: Mashgiz, 1958. - 565 p.
6. Heat: Textbook / red.I.V. Krutov. - M.: Mashgiz, 1986. - 432 p.
7. St. Michael, VP Calculation of fuel combustion, temperature fields and thermal installations of concrete technology concrete products: a manual /V.P. St. Michael, EN Martemyanova, VA Ushakov. - Omsk: Publishing house SibADI, 2011. - 261 p.
8. Belousov, VN Fuel and combustion theory. Part 1. Fuel: Textbook / VN Belousov, SN Smorodin OS Smirnova. - SPb.: Publishing house SPbGTURP, 2011. - 84 p.
9. Kramarenko G. Technical operation of the vehicle. – M.: Transport, 1983. – 487.
10. Hasanov AD Bases of technical operation of automobiles: Textbook. - Orenburg: SEI OSU, 2003. - 193 p.
11. Determination of the main dimensions of the gasifier. Lesotransportnye machine. Industrial - wood.ru
12. Ascension NP Light gas generators, study of their work, theory, calculation and application in lesotransporte: Dis. ... Cand. tehn. Science / NP Ascension. - Archangel: Forestry Institute. -1937. - 472 with.

Козлов Илья Анатольевич (Россия, г. Омск) – магистрант, кафедра «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВО «СиБАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: piton154m@mail.ru).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВО «СиБАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Айтыков Руал Шейкпарович (Россия, г. Омск) – магистрант, кафедра «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВО «СиБАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: 23rial23@mail.ru).

Оспанов Жаслан Гагашевич (Россия, г. Омск) – магистрант, кафедра «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВО «СиБАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: zhaslan.ospanov.93@mail.ru).

Kozlov Ilya Anatol'evich (Russia, Omsk) - graduate student, department of "Cars, construction materials and technologies," FGBOU IN "SibADI" (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: piton154m@mail.ru.).

Evstifeev Vladislav Viktorovich (Russia, Omsk) - doctor of technical sciences, professor of department of "Cars, construction materials and technologies," FGBOU IN "SibADI" (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: VladEvst @. mail.ru).

Aytykov Rial Sheikparovich (Russia, Omsk) - graduate student, department of "Cars, construction materials and technologies," FGBOU IN "SibADI" (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: 23rial23@mail.ru.).

Ospanov Zhaslan Gagashevich (Russia, Omsk) - graduate student, department of "Cars, construction materials and technologies," FGBOU IN "SibADI" (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: zhaslan.ospanov.93. @ mail.ru).

УДК 656.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА Г. ОМСКА

С.В. Сорокин, М.Е. Каспер

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Омск, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованию динамики развития пассажирских перевозок общественным транспортом в городе Омске. В статье обобщается практический опыт перевозок городским общественным транспортом в Омске, начиная с 1970 года и по настоящее время. В статье собраны и обработаны данные о работе общественного пассажирского транспорта в Омске, дана характеристика его работы, показана динамика для таких показателей как объем перевозок, количество подвижного состава, эксплуатационная скорость, интервал движения и других по годам, видам транспорта, в разрезе предприятий.

Ключевые слова: городской общественный пассажирский транспорт, объем перевозок, автотранспортное предприятие, муниципальный транспорт, коммерческий транспорт.

Введение

Современное состояние пассажирских перевозок городским общественным транспортом в Омске характеризуется ухудшением показателей работы муниципального транспорта и увеличением доли частного капитала в данной отрасли. В городе Омске около двух третей всех маршрутов города обслуживаются перевозчиками немуниципальной собственности. При этом формирование маршрутной сети и структуры парка подвижного состава коммерческих перевозчиков осуществляется, как правило, стихийно. И хотя ускоренное развитие частного капитала сокращает в целом необходимость в бюджетном финансировании данной отрасли, проблемы муниципального транспорта, при этом, всё более обостряются. Для того, чтобы определить дальнейшие направ-

ления повышения эффективности работы общественного транспорта в условиях слабой координации работы муниципального и коммерческого транспорта, высокой степени износа подвижного состава муниципального транспорта и нарастающей конкуренции со стороны частных перевозчиков, целесообразно проанализировать динамику развития общественного пассажирского транспорта в городе.

Динамика развития пассажирских перевозок общественным транспортом в Омске

Одним из основных показателей, характеризующим эффективность работы общественного транспорта является объем перевозок. На рисунке 1 представлено изменение годового объема перевозок общественным пассажирским транспортом в Омске [1-8].