

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ



№ 2 (10) 2017

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

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

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Журнал учрежден ФГБОУ ВО «СибАДИ» в 2014 г.
Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Эл. № ФС77-67311 от 30 сентября 2016 г.

Периодичность 4 номера в год.

Предназначен для информирования научной общественности
о новых научных результатах, инновационных разработках
профессорско-преподавательского состава, докторантов,
аспирантов и студентов, а также ученых других вузов.

Выпуск 2 (10)

июнь 2017 г.

Дата опубликования: 20.06.2017 г.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

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

<http://ttc.sibadi.org/>

№ 2 (9)

Научно-практический сетевой электронный журнал. Издаётся с 2015 г., Выходит 4 раз в год дата выхода в свет 20.06.2017 г.

Главный редактор Жигадло А.П., д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Зам. главного редактора Корчагин П.А., д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Редакционная коллегия:

Глотов Б.Н., д-р техн. наук, профессор Карагандинского государственного технического университета, Республика Казахстан, г. Караганда.

Ефименко В.Н., доктор технических наук, декан факультета «Дорожное строительство», зав. кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск.

Жусупбеков А.Ж., Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, г. Астана, Казахстан.

Исаков А.Л., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», г. Новосибирск.

Карпов В.В., д-р экон. наук, проф., Председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Германия.

Матвеев С.А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

Миллер А.Е. д-р экон. наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск.

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

Насковец М.Т., канд., техн., наук, УО «Белорусский государственный технологический университет», Республика Беларусь, г. Минск.

Пономаренко Ю.Е. д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

Псаренос Бэзил, доктора инженерных наук, профессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

Щербаков В.С., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Editor-in-Chief – Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector, FSBEI HE «SibADI».

Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A., doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research FSBEI HE «SibADI»

Members of the editorial board:

Glotov B.N., doctor of technical sciences, professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

Efimenko V. N., doctor of technical sciences, dean of faculty «Road construction», department chair «Highways», Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk.

Zhusupbekov A.Z., Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

Isakov A.L., doctor of technical sciences, professor, Siberian State University of Means of Communication (SSUMC), Novosibirsk.

Karpov V.V., doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch.

Lis Victor, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Germany.

Matveev S.A., doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

Miller A.E., doctor of economic sciences, professor OMGU of F.M. Dostoyevsky, Omsk.

Mochalin S.M., doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

Naskovets M.T., candidate of the technical science, YO «Belarusian State Technological University», Minsk, Belarus.

Ponomarenko Yu.E., doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

Psarianos Basil, Dr-Ing., professor Natl Technical University, Athens, Greece.

Shcherbakov V.S., doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Адрес учредителя: 644080, г. Омск, пр. Мира 5

Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-67311 от 30 сентября 2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций. С 2015 года представлен в Научной Электронной Библиотеке eLIBRARY.RU и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**.

Редакционная коллегия осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Редактор Федосененкова Е.С.

Адрес редакции журнала 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Тел. (3812) 65-23-45. e-mail: ttc.sibadi@yandex.ru

Публикация статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами'
© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Д.А. Вайсенбургер, В.В. Черноусанов

Эпитрохоида роторно-поршневого двигателя: ее свойства и построение

С.С. Войтенков, Т. А. Федоренко,

Способы повышения экологических показателей ДВС

Д.В. Гаврилин, Л. С. Трофимова, С. В. Сорокин

Особенности организации транспортно логистических систем перевозок пассажиров в советском административном округе города Омска

Е.Г. Порядин

Термодинамическое исследование циклов бензиновых двигателей со сверхвысокой степенью сжатия

Е.Ю. Руппель, Е. А. Онучина

Использование гармонического анализа при исследовании особенностей пуска асинхронного двигателя

РАЗДЕЛ II СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А.С. Максимов, Д.С. Семкин

Расширение технических возможностей установки горизонтально-направленного бурения

РАЗДЕЛ III ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

М.С. Абросимов

Исследование несущей способности дорожных одежд

Е.Н. Алькаев

Анализ конструктивно-технологических решений при реконструкции водопропускной трубы на дороге М7 «Волга»

Т.В. Кривальцевич, Е.В. Гурова

Исследование физико-механических свойств пенобетона с использованием математического планирования эксперимента

С.А. Макеев, К.Т. Хамзина

Исследование геометрических несовершенств и повреждений металлических конструкций при помощи программного комплекса MS OFFICE EXCEL

Е.А. Титова

Сравнительный анализ поведения сжато-изгибаемых стержней при потере общей продольной устойчивости с учетом геометрической нелинейности

Д. Е. Токтарев, Е.А. Бедрин

Формирование температурного поля поверхности земли с учетом изменения условий местности при строительстве автомобильных дорог через лесной массив

А.Б. Цырульникова, Е.К. Хомченко

Перспективы развития системы ценообразования и сметного нормирования в дорожном строительстве

РАЗДЕЛ IV ЭКОНОМИКА

А.В. Михайлов, Е.В. Романенко

Клиентоориентированный подход как метод повышения доходов предпринимательских структур автотранспортного комплекса в условиях неоиндустриализации

**ЭПИТРОХОИДА РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ:
ЕЕ СВОЙСТВА И ПОСТРОЕНИЕ**

Д.А. Вайсенбургер, В.В. Черноусанов

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье приведен анализ принципа работы двигателя Ванкеля. В процессе описания структурных элементов двигателя особое внимание уделено трехгранному ротору, вращающемуся внутри цилиндра специального профиля, выполненного по особой математической кривой - эпитрохоиде. Дано математическое описание эпитрохоиды, приведено ее параметрическое уравнение, рассмотрены различные ее виды, в зависимости от параметров, определяющих кривую. Описан алгоритм построения эпитрохоиды роторно-поршневого двигателя графическим и аналитическим методами на основе выбранных значений радиусов синхронизирующих шестерен.

Ключевые слова: роторно-поршневой двигатель, двигатель Ванкеля, ротор, треугольник Рёло, эпитрохоида.

Введение

В роторно-поршневых двигателях весь рабочий процесс – газообмен, сжатие, расширение рабочего тела осуществляется при изменении объемов полостей, которые образуются между корпусом и ротором треугольной формы, совершающим сложное планетарное движение, которое рассматривается как абсолютное вращение по отношению к неподвижным осям координат [1,2]. Трехгранный ротор вращается внутри цилиндра специального профиля, поверхность которого выполнена по особой математической кривой - эпитрохоиде. Именно эта кривая с точки зрения ее применения в автомобилестроении и стала объектом настоящего исследования.

Роторно-поршневой двигатель. Устройство и принцип работы.

Принцип использования вращающегося поршня был известен еще в XVI веке. Однако конструкция роторно-поршневого двигателя (РПД) внутреннего сгорания была разработана в 1957 г. немецким инженером Вальтером Фройде. Ему принадлежала идея этой конструкции. Соавтором В. Фройде в разработке двигателя был немецкий инженер Феликс Ванкель, создавший первый работоспособный двигатель – **двигатель Ванкеля**. Этот тип двигателя внутреннего сгорания использует вращательные движения для создания напряжения вместо привычной поршневой системы. Схема работы представлены на рисунке 1.

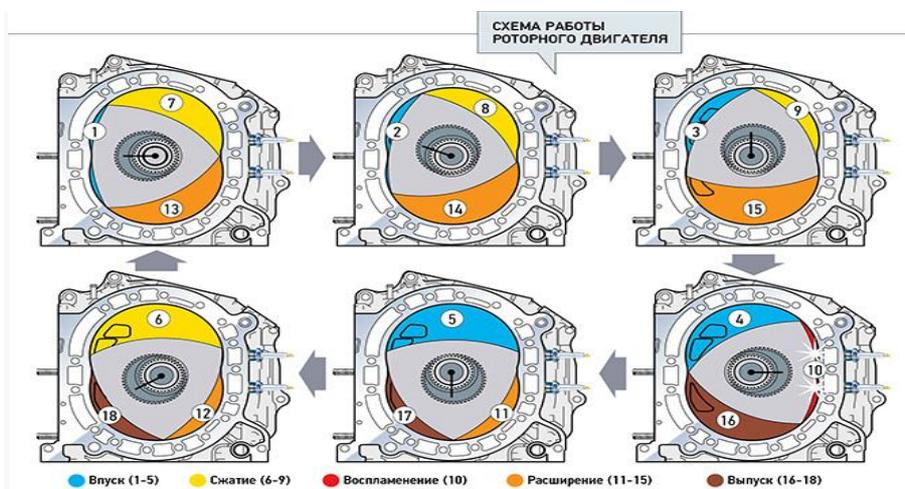


Рисунок 1 – Схема работы роторно-поршневого двигателя Ванкеля

Особенность двигателя – применение трехгранного ротора (поршня) (рисунок 2), имеющего вид **треугольника Рёло** (рисунок 3), вращающегося внутри цилиндра специального профиля.



Рисунок 2 – Роторно-поршневой двигатель в разрезе

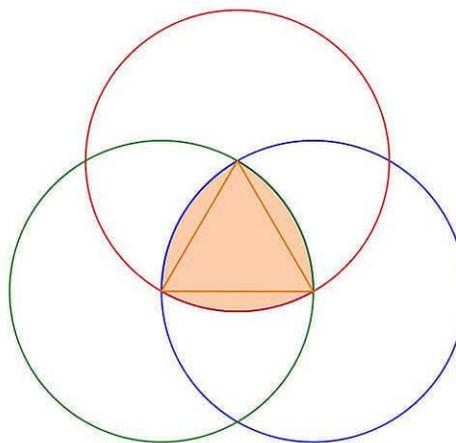


Рисунок 3 – Треугольник Рёло

Из математики известно, что Треугольник Рёло – это область пересечения трех окружностей, построенных из вершин правильного треугольника (радиус каждой окружности равен стороне этого треугольника) (рисунок 3). Треугольник Рёло относится к разряду простых фигур (как круг), обладающих постоянной шириной. То есть, если к нему провести две параллельные опорные прямые, то независимо от выбранного направления, расстояние между ними будет неизменным, в любой точке независимо от их длины.

По мнению историков, эта фигура названа в честь немецкого механика Франца Рёло (1829 - 1905 г.), ставшего первооткрывателем свойств этой геометрической фигуры. Он был первым, кто широко использовал свойства и возможности треугольника Рёло в своих механизмах.

Для осуществления рабочего процесса РПД необходимо разделение рабочей полости корпуса на рабочие камеры, объем которых циклически изменяется при вращении ротора. В связи с этим нужно обеспечить непрерывный контакт вершин ротора с рабочей поверхностью корпуса, что в свою очередь достигается соответствием формы и размеров ротора и корпуса, определяемых такими параметрами, как: n , R , r , C . Где n – число вершин ротора, непрерывно соприкасающихся с рабочей поверхностью корпуса (в современных РПД, как уже было отмечено выше, ротор представляет собой равносторонний треугольник (рисунок 2), следовательно, $n=3$); R – радиус обкатывающей шестерни (зубчатого колеса); r – радиус обкатываемой шестерни; C – безразмерный параметр, от которого зависит радиус образующей кривой, форму которой имеет профиль цилиндра двигателя Ванкеля ($a = R \cdot C$). Для современных РПД C лежит в пределах $2,1 \div 2,7$ [3].

На рисунке 4 представлен роторно-поршневой двигатель в разрезе. На рисунке показано, что окружность радиуса R катится по другой окружности радиуса r . Точка **1**, жестко связанная с подвижной окружностью, описывает при этом особую кривую – **эпитрохоиду**. Эту же кривую описывают точки **2** и **3** (точки **1**, **2**, **3** – вершины ротора). Эпитрохоида и есть та кривая, в форме которой выполнен профиль камеры сгорания двигателя Ванкеля. В этом заключается ее применения в автомобилестроении. Рассмотрим эту кривую более подробно.

Эпитрохоида роторно-поршневого двигателя.

Эпитрохоида (от греч. *epi* – «на» и *trochoeides* – «колесообразный, круглый», от *trochos* – «колесо, круг» и *eidos* – «вид») - плоская кривая, образуемая точкой, лежащей в плоскости некоторой окружности, которая катится без скольжения по другой неподвижной окружности снаружи [4].

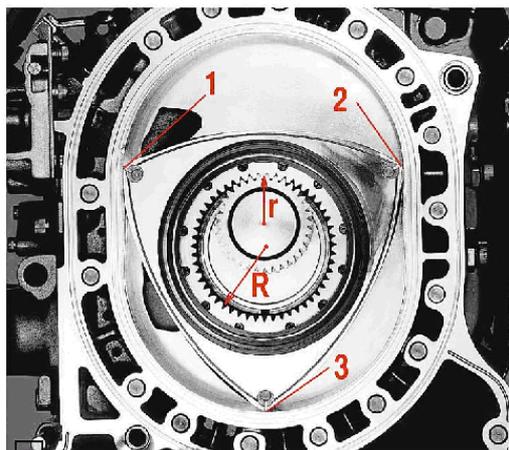


Рисунок 4 – Роторно-поршневой двигатель в разрезе

Уравнение эпитрохоиды в параметрическом виде:

$$\begin{cases} x = R \cdot (m + 1) \cdot \cos(mt) - h \cdot \cos((m + 1) \cdot t) \\ y = R \cdot (m + 1) \cdot \sin(mt) - h \cdot \sin((m + 1) \cdot t), \end{cases}$$

где $m = \frac{r}{R}$; R - радиус неподвижной окружности; r - радиус катящейся окружности; h - расстояние от центра катящейся окружности до точки (при $h = r$ получаем частный случай эпитрохоиды - эпициклоиду).

Эпитрохоида обладает рядом интересных свойств. Например, при $r = R$ получают Улитку Паскаля, при $h = R + r$ - розу, при $h > r$ - удлиненную эпициклоиду, при $h < r$ - укороченную эпициклоиду. В зависимости от соотношений радиусов r и R производящего круга и неподвижной окружности, получаем следующие ее виды (рисунок 5)

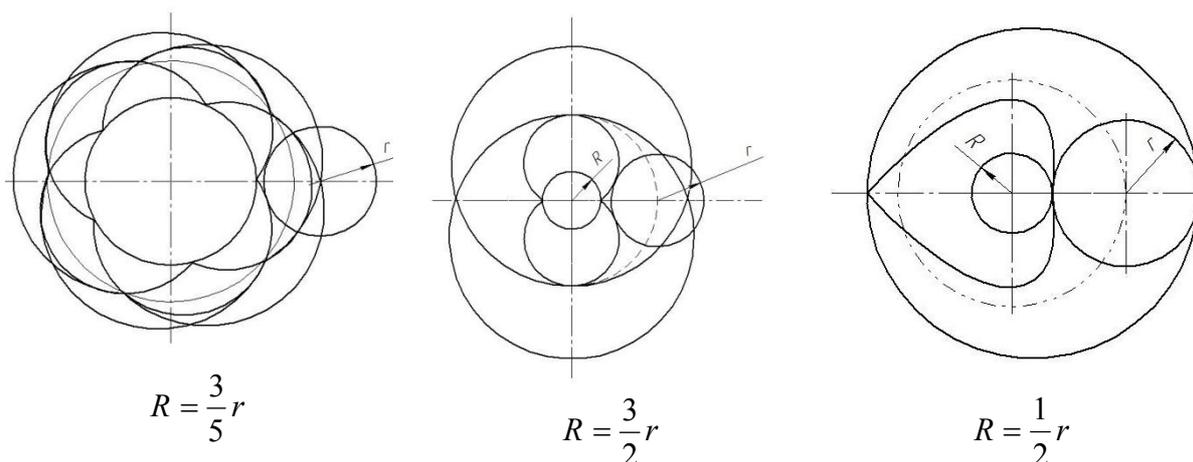


Рисунок 5 – Виды эпитрохоид в зависимости от r и R

Опишем алгоритм построения эпитрохоиды роторно-поршневого двигателя Ванкеля и построим эту кривую для выбранных значений параметров n , R , r , C , описанных выше.

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Как было отмечено ранее, практическое применение получили двигатели Ванкеля с трехгранными роторами, с отношением радиусов шестерни и зубчатого колеса $\frac{r}{R} = \frac{2}{3}$. При выборе радиусов синхронизирующих шестерен (r и R с определенным эксцентриситетом $e = R - r$) следует учитывать возможность прохода эксцентрикового вала через малую шестерню радиуса r . Учитывая вышесказанное, выбираем значения $R = 36$ мм, $r = 24$ мм, $e = 36 - 24 = 12$ мм, $C = 2,4$, на основе которых построим теоретический контур РГД – двухдуговую эпитрохоиду (рисунок 6). Отметим, что в нашем примере, в отличие от обозначений, принятых выше при математическом описании эпитрохоиды, за r и R берутся, соответственно, радиусы неподвижной и производящей окружностей (такое обозначение характерно для задач машиностроения).

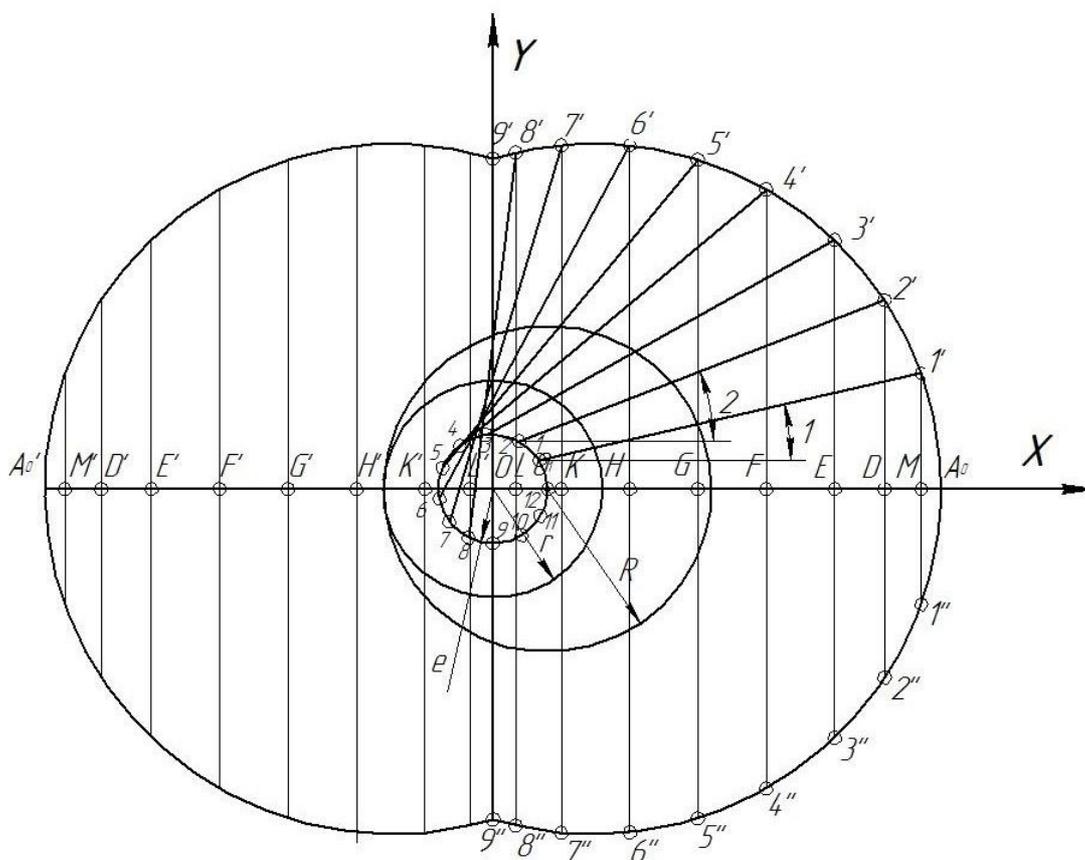


Рисунок 6 – Эпитрохоида роторно-поршневого двигателя

Алгоритм построения эпитрохоиды РГД (на основе [3], рисунок 6).

1. Строим окружность радиуса $r = 24$ мм с центром в т. O (обкатываемая шестерня).
2. Строим вспомогательную окружность радиуса $e = R - r = 12$ мм с центром в т. O . Точка O_1 (точка пересечения окружности радиуса e с осью Ox).
3. Из точки O_1 , как из центра, строим окружность радиуса $R = 36$ мм - производящая окружность (обкатывающая шестерня).
4. Вспомогательную окружность радиуса e делим на 12 равных частей, соответствующих углу в 30° поворота данной окружности от т. O_1 . Получим точки 1-12 на вспомогательной окружности. Так как эксцентриковый вал поворачивается в n раз быстрее производящей окружности радиуса R , а $n = 3$, то $\alpha = n\varphi = 3\varphi$ - угол поворота эксцентрикового вала

(значениям угла поворота α соответствуют точки 1-12 на вспомогательной окружности), φ – угол поворота производящей окружности радиусом R . Т.е., при повороте производящей окружности радиусом R на каждые 10° обкатываемая окружность радиусом r повернется на 30° (рисунок 6).

5. Производящий радиус эпитрохоиды $a = C \cdot R = 86,4$ мм. Его величину последовательно откладываем по гипотенузе прямоугольных треугольников, построенных в точках 1-8, в то время, когда производящая окружность радиуса R каждый раз будет поворачиваться против часовой стрелки на угол $\varphi=10^\circ$.

Опишем этот фрагмент алгоритма подробнее (рисунок 6).

а. В первом положении центр производящей окружности т. O_1 находится на оси Ox справа от т. O , а производящая точка A эпитрохоиды совпадает с точкой A_0 , при этом $O_1A_0 = a = R \cdot C = 86,4$ мм.

б. Во втором положении линия $O-1=e$ образует с осью Ox угол $\alpha = 30^\circ$, а производящая точка A перемещается из положения A_0 в точку $1'$ (поворачивается на угол $\varphi_1 = 10^\circ$ (на рисунке 6 этот угол обозначен 1)). Другими словами, строим прямоугольный треугольник с гипотенузой $1-1'$, равной $a = C \cdot R = 86,4$ мм, с углом $\varphi_1 = 10^\circ$.

в. Затем последовательно в т. 2 строим прямоугольный треугольник с углом $\varphi_2 = 20^\circ$, гипотенузой $2-2'$, равной $a = C \cdot R = 86,4$ мм. Аналогично в т. 3 строим прямоугольный треугольник с гипотенузой $3-3'$ равной $a = R \cdot C$, с углом $\varphi_3 = 30^\circ$ (производящая окружность радиуса R повернулась еще на 10°). Аналогичные построения проводим в точках 4-8, получая точки $4'-8'$. Точки $1', 2', 3', \dots, 8'$ – образующие точки эпитрохоиды. В т. 9 угол $\varphi_9 = 90^\circ$, производящая точка A эпитрохоиды перейдет из положения $8'$ в положение $9'$, при этом длина отрезка $9-9'$ будет равна $a = R \cdot C = 86,4$ мм.

Таким образом мы получили точки $1', 2', 3', \dots, 8', 9'$, соответствующие перемещению образующей точки эпитрохоиды A при повороте ротора на каждые 10° (от 0° до 90°).

г. Опустим перпендикуляры на ось Ox из точек $1', 2', 3', \dots, 8'$, с их последующим симметричным продолжением относительно оси Ox . Получим точки $1'', 2'', 3'', \dots, 8''$. Точку $9'$ отразим вниз по оси Oy симметрично относительно т. O , получим т. $9''$. Точки M, D, E, F, G, H, K, L – основания перпендикуляров, опущенных из точек $1', 2', 3', \dots, 8'$ на ось Ox .

б. Соединяя последовательно точки $9', 8', \dots, 1', 1'', 2'', 3'', \dots, 8'', 9''$, получаем правую часть контура эпитрохоиды.

7. Левую часть контура эпитрохоиды получаем путем симметричного отражения ее правой части относительно оси Oy .

Мы описали графический способ получения контура эпитрохоиды РГД. Такой же рисунок можно получить и аналитическим методом, используя уравнения, определяющие значения координат образующей точки эпитрохоиды в зависимости от угла поворота производящей окружности радиуса R .

$$\begin{cases} x = e \cdot \cos(n) + R \cdot C \cdot \cos; \\ y = e \cdot \sin(n) + R \cdot C \cdot \sin. \end{cases}$$

Справедливость этих формул можно легко проверить, обратившись к рисунку 6 и воспользовавшись формулами, связанными с нахождением катетов в прямоугольном треугольнике, в случае, если известна гипотенуза (в нашем случае в роли гипотенузы выступает отрезок длины $a = C \cdot R = 86,4$ мм), и один из острых углов.

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

С учетом того, что в нашем примере $R = 36$ мм, $r = 24$ мм, $e = 36 - 24 = 12$ мм, $C = 2,4$, $n = 3$, получим уравнения

$$\begin{cases} x = 12 \cdot \cos(3\varphi) + 86,4 \cdot \cos\varphi; \\ y = 12 \cdot \sin(3\varphi) + 86,4 \cdot \sin\varphi. \end{cases}$$

Результаты расчета представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Расчет координат образующей точки эпитрохоиды

φ , в град	$\cos\varphi$	$\cos 3\varphi$	x , в мм	$\sin\varphi$	$\sin 3\varphi$	y , в мм
0	1,000	1,000	98,4	0,000	0,000	0
10	0,985	0,866	95,5	0,174	0,500	21,0
20	0,940	0,500	87,2	0,342	0,866	35,5
30	0,866	0,000	74,8	0,500	1,000	55,2
40	0,766	-0,500	60,2	0,643	0,866	65,9
50	0,643	-0,866	45,2	0,766	0,500	72,2
60	0,500	-1,000	31,2	0,866	0,000	74,8
70	0,342	-0,866	19,2	0,940	-0,500	75,2
80	0,174	-0,500	9,0	0,985	-0,866	74,7
90	0,000	0,000	0	1,000	-1,000	74,4

На практике можно убедиться, что эпитрохоида, построенная по расчетным данным Таблицы 1, совпадает с эпитрохоидой, построенной нами графическим методом и изображенной на рисунке 6.

Заключение

Основными результатами проделанной работы являются:

- 1) произведен анализ устройства и принципа работы роторно-поршневого двигателя;
- 2) в процессе анализа было отмечено, что профиль камеры сгорания двигателя Ванкеля имеет особую форму – он выполнен по математической кривой *эпитрохоиде*;
- 3) изучены основные свойства эпитрохоиды;
- 4) подробно разобран алгоритм построения эпитрохоиды роторно-поршневого двигателя;
- 5) для выбранных значений параметров ротора построена эпитрохоида графическим и аналитическим методами.

Отметим, что свойства многих математических кривых используются при создании ряда конструкций в различных областях деятельности человека: в автомобилестроении, архитектуре, строительстве, производстве разного рода технических деталей. Подобные примеры применения математики в технических разработках и исследованиях, по мнению ряда авторов, являются средством демонстрации ее прикладного потенциала, способствуя лучшему пониманию студентами ее основных понятий, идей и методов [5,6,7]. Построение эпитрохоиды роторно-поршневого двигателя – один из прикладных примеров применения математики в области профессиональных интересов будущих инженеров-конструкторов деталей машин.

Научный руководитель к.т.н., доцент Полякова Т.А.

Библиографический список

1. Введение в специальность: Методические указания к практическим работам по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.: Ю.П. Макушев, Л.Ю. Михайлова, А.А. Скок. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. – 48 с.
2. Интегральное и дифференциальное исчисления в приложении к технике: монография / Ю.П. Макушев, Т.А. Полякова, В.В. Рындин, Т.Т. Токтаганов; под ред. Ю.П. Макушева. - Павлодар : Кереку, 2013. - 330 с.
3. Уханов А.П. Автомобильные и тракторные двигатели. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Под ред. А.П. Уханова. – Пенза, 2005. – 192 с.

4. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам / А.Ф. Крайнев. – М.: Машиностроение 1981. – 438 с.

5. Полякова Т.А. Реализация прикладной направленности на занятиях по высшей математике в техническом вузе / Т.А. Полякова // *Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.* – Омск : СибАДИ, 2015. – С. 287 - 292.

6. Полякова Т.А. Задачи с практическим содержанием в курсе математики в техническом вузе // *Научно-методический электронный журнал «Концепт».* – 2016. – № 7 (июль). – С. 75–80. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/16143.htm>.

7. Болдовская Т.Е. Реализация прикладной направленности обучения математике в учебных пособиях и задачниках по математике / Т.Е. Болдовская, Т.А. Полякова, Е.А. Рождественская // *Научно-методический электронный журнал «Концепт».* – 2016. – № 10 (октябрь). – С. 120–126. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/16220.htm>.

EPITROCHOID OF A ROTARY PISTON ENGINE: ITS PROPERTIES AND CONSTRUCTION

D.A. Waysenburger, V.V. Chernousanov

Abstract. *In the article gives an analysis of the principle of the Wankel engine. In the process of describing the structural elements of the engine, special attention is paid to the trihedral rotor rotating inside the cylinder of a special profile made on a special mathematical curve - the epitrochoid. In the article is given a mathematical description of the epitrochoid, its parametric equation and its various types are considered, depending on the parameters determining the curve. An algorithm for constructing the epitrochoid of a rotary piston engine by graphic and analytical methods is described on the basis of the selected values of the radii of the synchronizing gears.*

Keywords: rotary piston engine, Wankel engine, rotor, Ruelo triangle, epitrochoid.

Вайсенбургер Даниил Александрович (Россия, г. Омск) – студент группа НТКб-16Т2, факультет «Нефтегазовая и строительная техника», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: vaysenburger@list.ru).

Черноусанов Владимир Вадимович (Россия, г. Омск) – студент группа НТКб-16Т2, факультет «Нефтегазовая и строительная техника», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: vladimirchernousanov@mail.ru).

Waysenburger Daniil Aleksandrovich (Russia, Omsk) – student of group NTKb-16T2, faculty "Oil and gas and construction equipment", FSBEI HE "The Siberian state automobile and road university", (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: vaysenburger@list.ru).

Chernousanov Vladimir Vadimovich (Russia, Omsk) – student of group NTKb-16T2, faculty "Oil and gas and construction equipment", FSBEI HE "The Siberian state automobile and road university" (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: vladimirchernousanov@mail.ru).

УДК 621.43

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВС

С.С. Войтенков, Т. А. Федоренко

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. *Сокращение содержания вредных выбросов в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания является актуальной мировой задачей. В данной статье приведены результаты ранее проведенных исследований по влиянию воды, используемой в качестве компонента горючей смеси, на экологические показатели ДВС. В данных исследованиях отмечается уменьшение содержания вредных веществ в отработавших газах двигателя: СО – до 89%, NOx – до 78% при впрыске воды до 75% от количества топлива.*

Ключевые слова: двигатель, форсунка, впрыск воды, монооксид углерода, оксиды азота.

Введение

Современная стратегия защиты окружающей среды требует удовлетворение экологических показателей двигателей внутреннего сгорания санитарным нормам мировых стандартов. Основными нормируемыми экологическими стандартами токсичными компонентами выхлопных газов двигателей являются оксиды азота (NOx), монооксид углерода (CO), сажа (C) и углеводороды (CH).

Одной из основных задач современного двигателестроения является улучшение экологических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС). В связи с ростом численности автомобильного транспорта постоянно возрастает доля потребления нефтяного топлива. ДВС являются основными потребителями нефти (более 90%), и в ближайшее время по оценкам специалистов, серьёзной альтернативы им не появится [2].

С целью улучшения экологических характеристик бензиновых двигателей целесообразен переход на альтернативные моторные топлива, которые зачастую связан с различными проблемами, такими как снижение динамических качеств транспортных средств (ТС), уменьшение полезной нагрузки и пробега на одной заправке, сложностью хранения топлива, значительным усложнением конструкции и др.

Использование воды в качестве компонента горючей смеси является одним из действенных методов комплексного улучшения экологических показателей ДВС. Исследованиями установлено, что при их использовании возможно снижение токсичности отработавших газов (ОГ), повышение экономичности двигателя, снижение склонности двигателя к детонации, уменьшение нагарообразования.

Обзор результатов исследований по влиянию воды (в составе горючей смеси) на улучшения экологических показателей ДВС

Способы использования воды как компонента топлива разработаны и изучены недостаточно. В частности, отмечается невозможность оперативного изменения концентрации воды в смеси в зависимости от режимов работы двигателя, быстрое расслоение смеси, недостаточная изученность влияния воды на экологические и эксплуатационные показатели двигателя. Поэтому работы, направленные на исследование данных вопросов, являются актуальными.

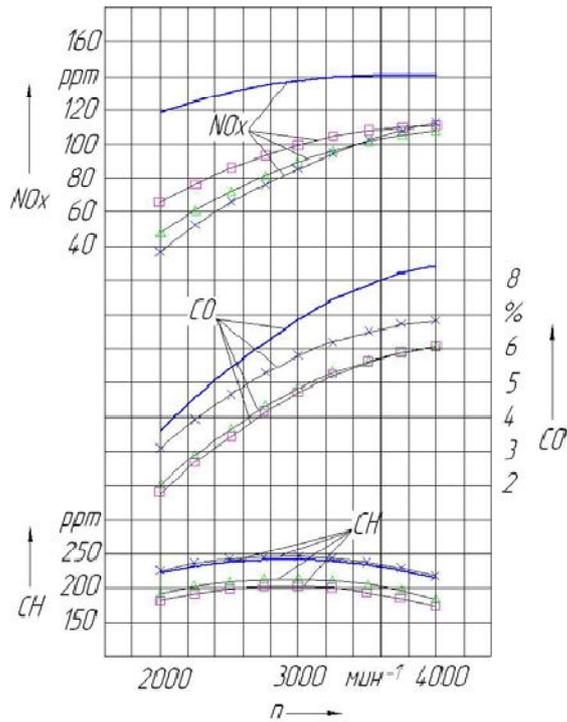
Обзор исследований по применению воды в качестве компонента горючей смеси приведен в [1]

В исследовании [2] получены результаты, представленные на рисунках 1, 2. При этом подача воды осуществлялась в топливной рампе (рисунок 3)

Анализ представленных зависимостей подтверждает целесообразность применения ТВС для снижения вредных выбросов с ОГ бензиновых двигателей. При работе на ТВС с 10% воды выбросы СН снижаются практически одинаково во всем диапазоне на 18% при работе по внешней скоростной характеристике. Наибольшее снижение выбросов оксидов азота наблюдается при подаче ТВС с содержанием воды 20% от расхода топлива при частоте вращения коленчатого вала $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ (с 119 до 38 ppm). Практически во всем диапазоне увеличение содержания воды в ТВС ведёт к значительному снижению выбросов оксидов азота с ОГ. Это происходит вследствие снижения температур рабочего цикла за счёт охлаждения рабочего заряда водой, содержащейся в ТВС. Наблюдается также значительное снижение выбросов CO с ОГ. Наибольший эффект достигается при работе на ТВС с содержанием воды 10% от расхода топлива: для режима $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ – с 3,6 до 1,7% (в 2,1 раза). В целом при всех вариантах подачи ТВС достигается снижение выбросов CO с ОГ. Однако, при увеличении содержания воды в ТВС более 10...15% концентрация их начинает увеличиваться, так как происходит снижение полноты сгорания. При работе двигателя в условиях нагрузочных характеристик достигнуто значительное снижение выбросов вредных веществ с ОГ. Для $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$: выбросы NOx снижаются на 29,5% при содержании воды в ТВС 20%; CO – с 2,93 до 0,14% при содержании воды в ТВС 10%; СН – на 24,9% (с 158,9 до 119,2 ppm) при содержании воды в ТВС 10%. Для $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$: выбросы NOx снижаются на 9,2% (с 637 до 578 ppm) при содержании воды в ТВС 20%; CO – в 1,76 раза (с 2,93 до 0,14%) при содержании воды в ТВС 10%; СН – на 21,5% (с 197,5 до 154,9 ppm) при содержании воды в ТВС 10% [2].

Сущность способа заключается в том, что создаются два потока: поток чистого топлива в штатной топливной системе и поток воды. Оба потока поступают в смеситель статического типа, где смешиваются и в виде топливо-водной смеси подаются через штатные форсунки впрыска топлива

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ



— — штатный;
 — — — при работе на ТВС с 10% воды;
 —△— при работе на ТВС с 15% воды;
 —х— при работе на ТВС с 20% воды
 Рисунок 1 – Зависимость выбросов вредных веществ с ОГ базового двигателя ВА3-21110 и двигателя с подачей ТВС при работе по внешней скоростной характеристике

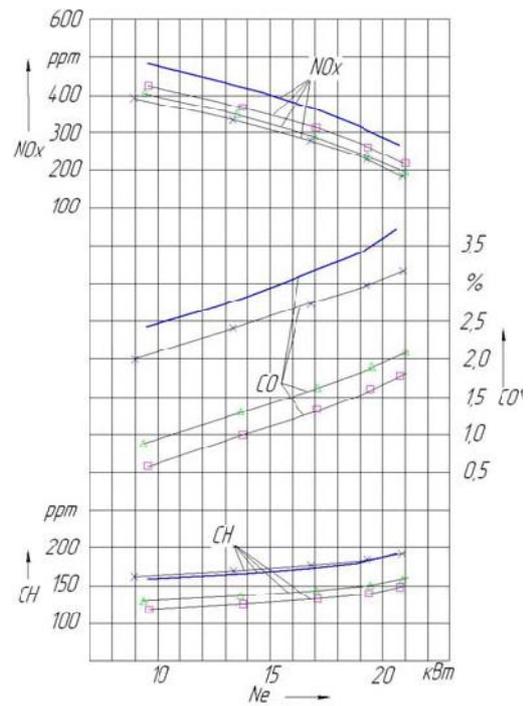


Рисунок 2 – Зависимость показателей базового двигателя ВА3-21110 и двигателя с подачей ТВС при работе по нагрузочной характеристике $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ (а – эксплуатационные показатели; б – выбросы вредных веществ с ОГ)

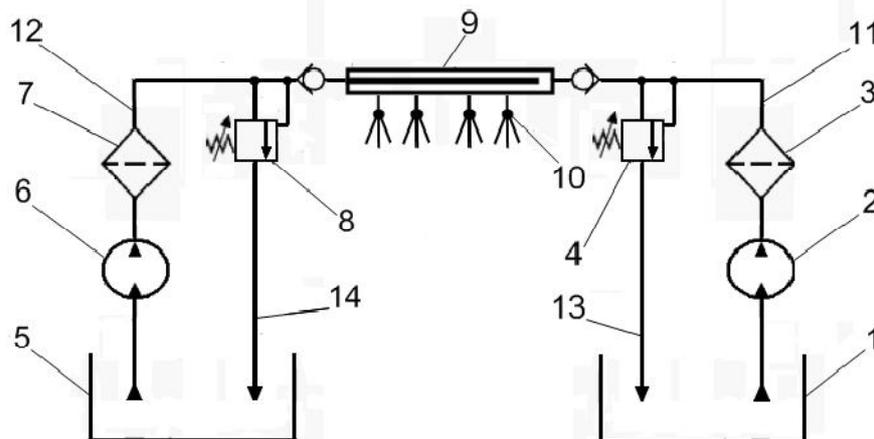
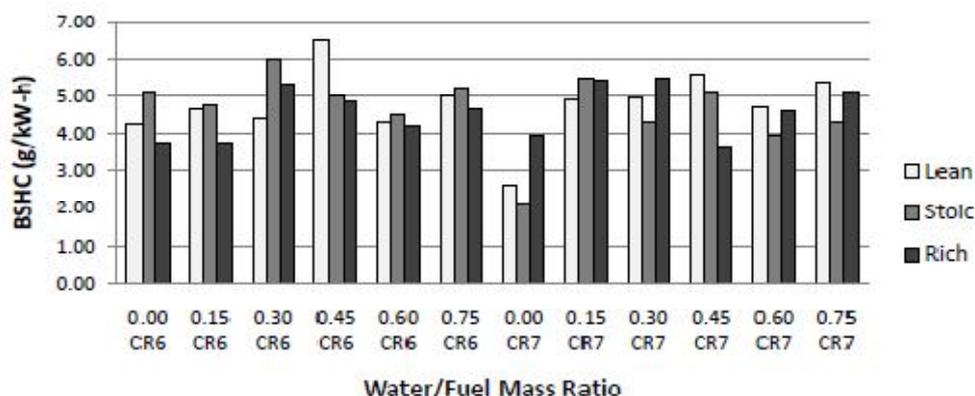


Рисунок 3 – Способы получения и подачи топливо-водной смеси ДВС

ДВС, причём вода добавляется к топливу непосредственно на входе в форсунку. Поток чистого топлива подаётся насосом 2 (рис. 3) из ёмкости с топливом 1 через топливный фильтр 3 в топливную рампу 9 смесителя статического типа. Поток воды подаётся насосом 6 из ёмкости 5 через фильтр 7 во внутреннюю трубку смесителя. Давление в топливopодающей ветви 11 изменяется регулятором 4 в зависимости от режимов работы двигателя или поддерживается постоянным, а в водоподающей ветви 12 изменяется регулятором 8 в зависимости от режимов работы двигателя. Излишки топлива и воды возвращаются в баки по обратным магистралям 13 и 14 соответственно. На различных режимах работы двигателя,

когда необходимо подавать воду, давление воды во внутренней трубке смесителя превышает давление топлива в рампе 9. За счёт разности давлений вода из внутренней трубки поступает через жиклёры во всасывающую полость форсунки 10, механически смешивается с топливом, заполняя топливную рампу 9, образуя топливно-водную смесь, которая через форсунки впрыскивается в поток воздуха, поступающий в цилиндры ДВС. На режимах, когда подача воды не требуется, давление в водоподающей ветви снижается, срабатывает обратный клапан и во внутренней трубке поддерживается давление, которое исключает попадание топлива из рампы 9 в водоподающую ветвь [2].

В исследовании [3] получены результаты, представленные на рисунках 4, 5.



Lean – обедненная смесь;
 Stoic – стехиометрический состав смеси;
 Rich – богатая смесь;
 CR6 – степень сжатия 6;
 CR7 – степень сжатия 7

Рисунок 4 – Зависимость количества углеводородов в отработавших газах от водно-топливного соотношения

Повышенный уровень выбросов углеводородов может быть обусловлен увеличением толщины закалочного слоя. Когда горячее пламя приближается к холодной стенке цилиндра, в конечном итоге топливо (углеводороды) будет терять слишком много тепла на стену и пламя погаснет. Так как вода охлаждает заряд, это может увеличить толщину слоя топливовоздушной смеси, которая закаливается и не горит. Таким образом, будет наблюдаться увеличение выбросов несгоревших углеводородов [3].

Дополнительная вода, вероятно, увеличивает количество водородных и кислородных радикалов, что будет способствовать более полному сгоранию. Это может быть одной из причин того, что вода может снизить CO. Для богатых условий снижение уровней CO с впрыском воды можно также объяснить реакцией конверсии водяного газа, в которой CO и H₂O сдвигаются с образованием CO₂ и H₂ [3].

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

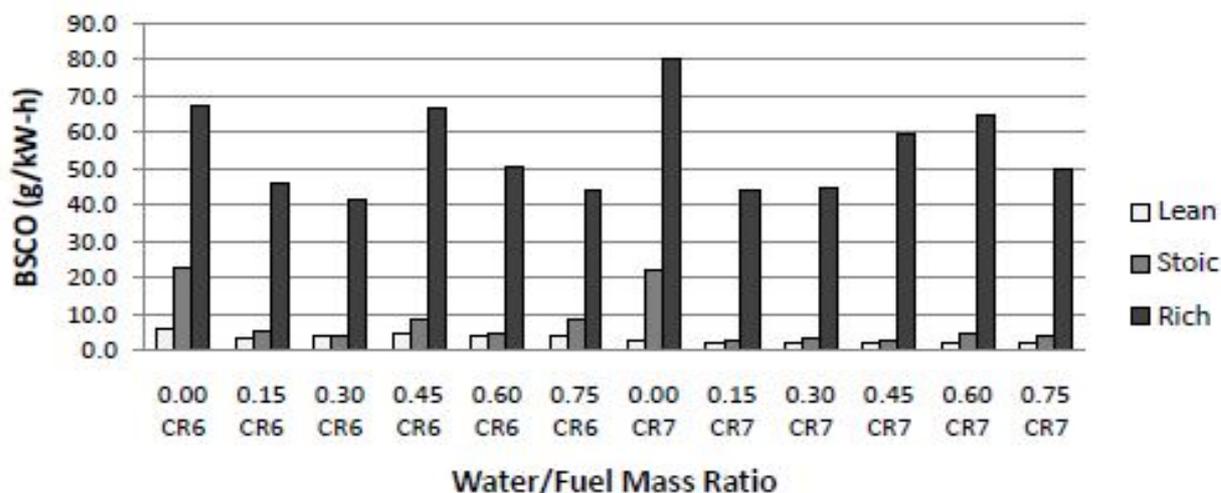


Рисунок 5 – Зависимость выбросов оксида азота от водно-топливного соотношения

Процентное содержание CO имеет тенденцию к увеличению при увеличении степени сжатия в богатых условиях. Диссоциация CO₂ значительно возрастает с повышением температуры. Повышенная степень сжатия увеличивает пиковую температуру цикла, что может привести к диссоциации CO₂ в CO и O₂. Однако увеличение крутящего момента может компенсировать увеличение CO, что приводит к более низкому изменению CO. Добавление воды снижает температуру и, следовательно, уменьшает диссоциацию. Это также может быть причиной того, что закачка воды имеет тенденцию к снижению выбросов CO [3].

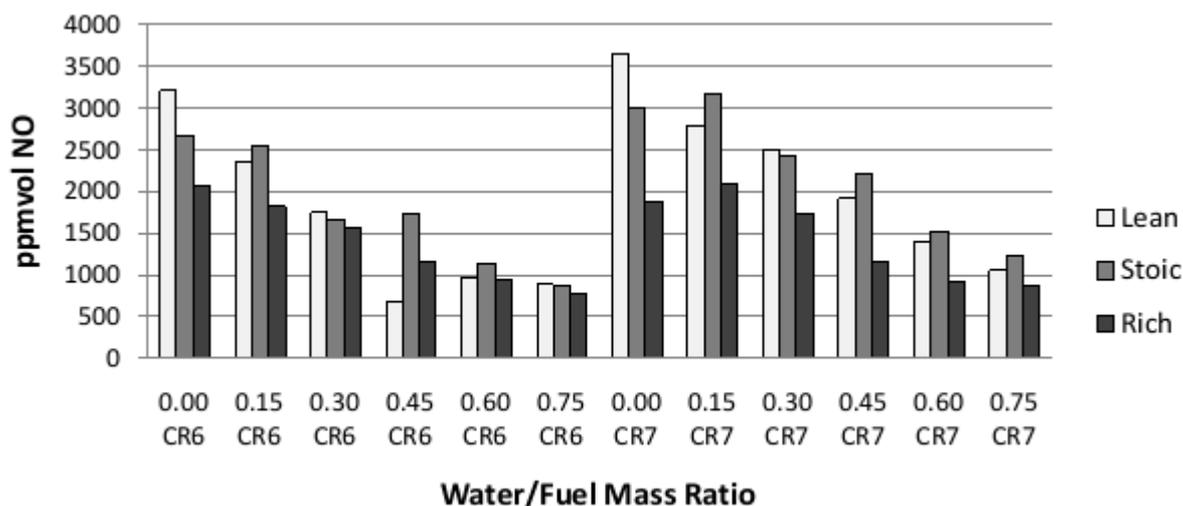
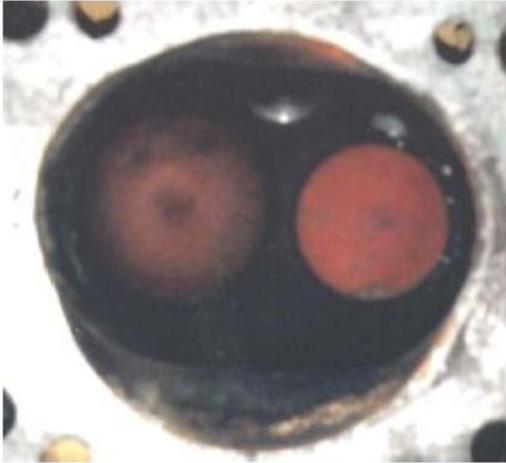


Рисунок 6 – Зависимость выбросов оксида азота от водно-топливного соотношения



а



б

Рисунок 7 – Отложение в камере сгорания после работы двигателя на топливе, полученном из низкооктановых прямогонных бензинов путем добавления присадок: а – в камере сгорания; б – на свечах зажигания

Образующий в камере сгорания нагар (масляный и топливный) приводит к уменьшению объема камеры сжатия, что существенно повышает степень сжатия в двигателе [4].



Рисунок 8 – Внешний вид камеры сгорания со стороны блока цилиндров после работы двигателя на топливо - водной смеси.



Рисунок 9 – Общий вид свечей зажигания после работы двигателя на ТВС.

Использование ТВС с концентрацией воды 0..20% от расхода топлива не приводит к значительному коррозионному износу деталей ЦПГ, и более того, позволяет существенно очистить их от нагара и предотвратить его образование при дальнейшей эксплуатации [4].

Заключение

В работе [5] указано, что впрыск воды до 50% от расхода топлива не сказывается отрицательным образом на скорости и полноте сгорания топлива

На основании экспериментальных данных [1, 2, 3] сделан вывод, что впрыск воды может:

1. Снизить температуру выхлопа двигателя
2. Снижение выбросов NO
3. Снижение выбросов CO, при богатых и стехиометрических условиях
4. Увеличение выбросов CH
5. Кроме того, делается вывод, что впрыск воды в сочетании с увеличением степени сжатия может привести к следующим преимуществам:
6. Снижение температуры выхлопных газов двигателя (до 10%)
7. Снижение выбросов NO (до 78%)
8. Снижение выбросов CO, при богатых и стехиометрических условиях (до 89%)
9. Тем не менее, есть также ущерб для добавления воды в сочетании с увеличением степени сжатия:
10. Увеличение выбросов CH (до 45%)

Библиографический список

1. Войтенков С.С. Особенности применения воды в качестве компонента горючей смеси в двигателях внутреннего сгорания / С.С. Войтенков // Автотранспортное предприятие. – №12. – 2016. – С. 53-57.
2. Бирюков А.Л. Улучшение эксплуатационных и экологических показателей бензиновых двигателей путём применения топливно-водных смесей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Бирюков Александр Леонидович. – Санкт-Петербург, 2011. – 18 с.
3. J. Parley Wilson. Effects of Water Injection and Increased Compression Ratio in a Gasoline Spark Ignition Engine, 2011. – 76 p.
4. Бирюков А.Л. Результаты эксплуатационных испытаний автомобильного двигателя ВАЗ-21110 при работе на топливно-водной смеси // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1. – С. 45-50.
5. Карнаухова И.В. Влияние диссоциации воды на расход топлива в двигателях внутреннего сгорания / И.В. Карнаухова, В.Н. Карнаухов, Д.А. Захаров // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 352.

WAYS TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

S. S. Voitenkov, T. A. Fedorenko

Abstract. Reducing the content of harmful emissions in the exhaust gases of internal combustion engines is an urgent global task. In this article the results of previous studies on the effect of water used as a component of the combustible mixture, on the environmental performance of internal combustion engines. In these studies, the reduction in content of harmful substances in exhaust gases of the engine: CO – up to 89%, NOx – up to 78% with water injection up to 75% of the amount of fuel.

Keywords: engine, injector, water injection, carbon monoxide, oxides of nitrogen.

Войтенков Сергей Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент; ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: voiser@mail.ru).

Федоренко Тихон Андреевич (Россия, г. Омск) – студент группы ДВСб-13А1, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: www.korish.ru@mail.ru).

Voitenkov Sergey Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of Technical Sciences, the associate professor; FSBEI HE «SIBADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: voiser@mail.ru).

Fedorenko Tikhon Andreevich (Russian Federation, Omsk) – student of group DVSB-13A1, FSBEI HE «SIBADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: www.korish.ru@mail.ru).

УДК 656.11

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕВОЗОК ПассаЖИРОВ В СОВЕТСКОМ АДМИНИСТРАТИВНОМ ОКРУГЕ ГОРОДА ОМСКА

Д.В. Гаврилин, Л. С. Трофимова, С. В. Сорокин

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В данной статье выявлены особенности использования логистики в системах городского пассажирского транспорта, к которым следует отнести: обеспечение гарантированности и беспересадочности поездки, повышение эффективности управления информационными потоками, снижение уровня загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом. В статье проведен анализ транспортно-логистической системы перевозок пассажиров в Советском административном округе города Омска. Приведено краткое описание Советского округа, выделены и описаны характерные особенности организации транспортно-логистических систем в округе.

Ключевые слова: транспортно-логистические системы, перевозки пассажиров, общественный транспорт.

Введение

Логистические технологии эффективны не только при управлении материальными потоками. Они имеют определенные перспективы и для совершенствования городских пассажирских перевозок. В современных условиях дальнейшее развитие и совершенствование экономики базируется на прогрессивном транспортном обеспечении. Городской общественный пассажирский транспорт занимает особое место в общественной жизни. Он входит в комплекс отраслей социальной инфраструктуры, т.е. отраслей, связанных с воспроизводством рабочей силы и жизнедеятельностью населения, наряду со здравоохранением, образованием, розничной торговлей, жилищно-коммунальным хозяйством, сферой организации досуга. Применение методов и подходов, основанных на использовании инструментов логистического управления при организации работы пассажирского транспорта, представляется особенно актуальным.

Транспортно-логистическая система САО города Омска

Советский административный округ — самый северный округ Омска. Отличается плотной многоэтажной застройкой. В округе концентрируется большое количество ВУЗов таких как Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омский государственный технический университет, Омский государственный университет имени Ф. М. Достоевского,

Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омский государственный медицинский университет и другие. Значительную часть территории округа занимают промышленные комплексы. Такие как Омский нефтеперерабатывающий завод, Омский завод синтетического каучука, Омский завод металлоконструкций, ЗСЖБИ №4 и №5, ТГК-11 (ТЭЦ-3, ТЭЦ-4) и другие [3].

Культурный потенциал округа — 27 учреждений культуры и искусства: 11 библиотек, два профессиональных театра, 4 школы искусств, 10 учреждений культурно-досугового типа.

Все выше перечисленные предприятия и заведения являются пассажирообразующими объектами. Пассажирообразующий объект – это предприятие, организация, хозяйство, курорт, база отдыха и т. д., перевозки пассажиров, которых будут осуществляться по проектируемым маршрутам.

Для более полного описания возможных транспортных ситуаций необходимо учитывать также и пространственную характеристику передвижений.

Значительную долю в общем объеме перевозок занимают трудовые перемещения, фиксированные по времени и концентрированные в пространстве, имеющие признаки устойчивых технологических отношений. В эту же группу поездок в качестве условно-фиксированных входят и некоторые свободные перемещения, например поездки на массовые зрелищные мероприятия, в места загородного отдыха, в места совершения ритуалов в дни религиозных праздников.

В настоящее время численность населения в трудоспособном возрасте составляет 755,8 тыс. человек, а занятых в экономике города Омска — примерно 73% от их числа, или 556 тыс. человек [3].

По данным на 2005 год в Советском административном округе 75,1 тыс. человек работают в крупных и средних организациях, а 18,4 тыс. человек – в малых организациях и 10,5 тыс. человек работают у индивидуальных предпринимателей, при этом количество самих предпринимателей равно 8,4 тыс. человек [2].

Потенциальная численность экономически активного населения в CAO города Омска на 2015 год составила 113,2 тыс. человек [3].

Численность учащихся дневных учреждений начального профессионального образования в Омской области на 2014 год составила 15,7 тыс. человек [3].

Численность студентов очного обучения в государственных (муниципальных) учреждениях высшего профессионального образования в Омской области на 2014 год составила 40,9 тыс. человек [3].

Учреждения профессионального образования и высшие учебные заведения г. Омска являются крупными пассажирообразующими объектами.

Следует отметить, что по данным обследования пассажиропотока города Омска в 2008 году, на муниципальном транспорте ярко выраженный утренний час «пик» наблюдается с 8 до 10 часов (более 18% суточного объема перевозок), и более сглаженный вечерний «пик» с максимумом с 18 до 19 часов (более 9% от суточного объема перевозок).

На маршрутных такси ярко выраженный утренний час «пик» наблюдается с 8 до 9 часов (более 8% суточного объема перевозок маршрутными такси) и сглаженный вечерний «пик» с 16 до 19 часов (около 25% от суточного объема перевозок маршрутных такси).

Наиболее загруженными участками транспортной сети в Советском административном округе являются Телецентр – СибАДИ (более 70000 пасс.), Кристалл – СибАДИ (более 60000 пасс.).

Наиболее загруженным остановочным пунктом является: СибАДИ (31008 пасс.)

Средняя маршрутная дальность поездок пассажиров составляет 5,26 км., в том числе на муниципальном транспорте 4,25 км и на маршрутных такси - 7,24 км. При этом средняя маршрутная дальность на муниципальных автобусных маршрутах составляет 4,52 км, на троллейбусных маршрутах – 3,71 км, на трамвайных – 2,18 км. [4]

Происходящие изменения в сфере транспортных услуг, выражающиеся главным образом в переориентации рынка на потребителя, обусловили необходимость применения новых управленческих решений при организации работы общественного транспорта. Использование логистического подхода на пассажирском транспорте, позволяет оптимизировать процесс производства транспортных услуг, обеспечить удовлетворение потребностей различных категорий населения, на основе рационального использования имеющихся экономических ресурсов. Исходя из выше сказанного применение новых методов и подходов, основанных на

использовании инструментов логистического управления при организации работы пассажирского транспорта, представляется особенно актуальным. [1].

Логистическая система - это адаптивная система с обратной связью, представляющая собой совокупность функционально обособленных объектов, находящихся в определенной технологической взаимосвязи, целевая функция которых состоит в выполнении заданных логистических операций.

Цель логистических систем - добиться как можно более полного выполнения семи правил логистики, т.е. доставки заданному потребителю нужного продукта необходимого уровня качества, в необходимом количестве, в нужное время, в нужное место, с минимальными затратами.

Направленность логистических систем на удовлетворение спроса потребителей является их главной особенностью. В основе успешной работы логистических систем лежат принципы согласованности, рациональности, точного расчета, системного подхода и обратной связи.

Логистическое управление может осуществляться как на макро -, так и на микроуровне. В соответствии с этим различают макрологистические и микрологистические системы.

Макрологистической называется система, создаваемая на уровне территориального или административно-территориального образования для решения социально-экономических, экологических, военных и других задач. Извлечение прибыли или достижение каких-либо других корпоративных целей организации бизнеса не является назначением макрологистических систем. В макрологистическую систему могут входить производственные, снабженческо-сбытовые, посреднические, торговые и транспортные предприятия и организации с различным уровнем территориальной разобщенности.

Микрологистические системы представляют собой структурные подразделения, подсистемы макрологистических систем. Микрологистические системы относятся к определенной организации бизнеса, их основным назначением является оптимизация материальных и связанных с ними финансовых и информационных потоков в процессе производства, снабжения и сбыта и управление ими.

Макрологистической системой управления является внутривыпускная логистическая деятельность фирмы, связанная с интеграцией подготовки и планирования производства со сбытом, снабжением, транспортно-складскими и погрузочно-разгрузочными работами. [1]

Специфика общественного транспорта состоит в том, что в нем отражается взаимосвязь потоков материальных и людских ресурсов. Транспортная логистика предполагает возможность оказания логистического сервиса (услуг) потребителю материального потока. Логистика общественного транспорта неразрывно связана с процессом воспроизводства и представляет собой комплекс транспортных услуг, оказываемых пассажирам.

Схему городского пассажирского транспорта как логистической системы можно представить так, как показано на рисунке 1.

Основными элементами логистической системы пассажирских перевозок Советского административного округа г. Омска являются: предприятия-перевозчики, заказчик перевозок (Департамент транспорта города Омска) и пассажир, а также движение информационных, финансовых и потока услуг между ними.

Транспортно-логистическую систему пассажирского транспорта САО города Омска отличает:

- системная организация транспортного обслуживания;
- потоковый характер процесса оказания услуг транспортным комплексом (в утренний час пик большое количество населения округа едет на предприятия и в учебные заведения, а в вечернее время население добирается до мест своего проживания);
- территориальная ограниченность системы в рамках Советского административного округа г. Омска;
- подчиненность единой цели - наиболее полному удовлетворению спроса населения в перевозках городским пассажирским транспортом.

С точки зрения логистической системы к пассажирскому транспорту предъявляют такие требования, чтобы работа подвижного состава на линии не создавала неудобств населению в виде шума, загазованности воздуха, пылеобразования и т.п. Борьба с ними приобретает особое значение в современных условиях в связи с увеличением количества транспортных средств на улицах городов.

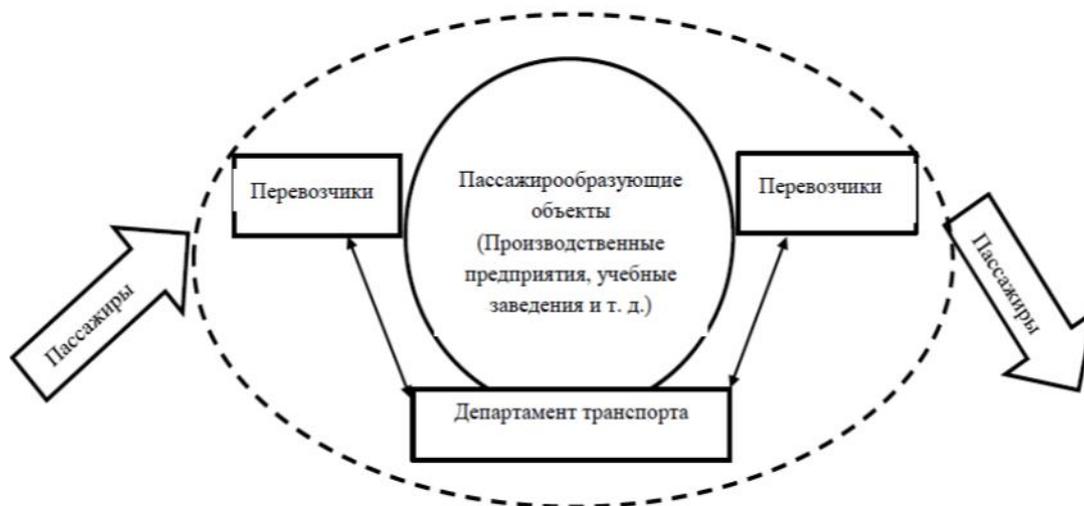


Рисунок 1 – Схема транспортно-логистической системы CAO города Омска

Для организации перевозок пассажиров на муниципальных маршрутах городского пассажирского транспорта органами местного самоуправления формируется муниципальный заказ предприятиям городского пассажирского транспорта на перевозки и обеспечивающую их деятельность, в котором определяется для каждого маршрута количество и тип подвижных единиц в соответствии с утвержденным расписанием.[5].

В настоящее время основным документом, определяющим взаимные права и обязанности, возникающие между предприятием городского пассажирского транспорта и заказчиком перевозок, является договор, заключаемый в обязательном порядке. Муниципальный заказ оформляется двусторонним договором между предприятием городского пассажирского транспорта и заказчиком перевозок, уполномоченным органами местного самоуправления.

Для организации коммерческих маршрутов используется подвижной состав промышленных предприятий, учреждений и юридических лиц.[5].

Основное отличие от муниципальных маршрутов в том, что коммерческие маршруты работают по принципу самоокупаемости. Использование средств городского бюджета для покрытия убытков от работы коммерческих маршрутов не допускается. Кроме того, организация коммерческих маршрутов не должна ухудшать обслуживания пассажиров на регулярных городских маршрутах (муниципальных).[5].

К основным логистическим принципам в настоящее время можно отнести:

- Системный подход, который проявляется в рассмотрении всех элементов логистической системы городского транспорта как взаимосвязанных и взаимодействующих для достижения единой цели управления. Отличительной особенностью системного подхода является оптимизация функционирования не отдельных элементов, а всей логистической системы в целом.

- Принцип тотальных затрат, а именно, учет всей совокупности издержек управления потоками транспортных услуг и связанными с ними информационными и финансовыми потоками по всей логистической цепи.

- Принцип глобальной оптимизации. При оптимизации структуры или управления в синтезируемой логистической системе городского транспорта необходимо согласование локальных целей функционирования элементов системы для достижения глобального оптимума.

- Принцип логистической координации и интеграции подразумевает достижение согласованного, интегрального участия всех звеньев логистической системы городского транспорта от ее начала и до конца в управлении логистическими потоками при реализации целевой функции.

– Принцип всеобщего управления качеством - обеспечение надежности функционирования и высокого качества работы каждого элемента логистической системы городского транспорта для обеспечения общего качества сервиса.

– Принцип устойчивости и адаптивности. Логистическая система должна устойчиво работать при допустимых отклонениях параметров и факторов внешней среды. При значительных колебаниях стохастических факторов внешней среды логистическая система должна приспосабливаться к новым условиям, меняя программу функционирования, параметры и критерии оптимизации.[5].

Особенности организации транспортно-логистической системы CAO города Омска

К особенностям организации транспортно-логистической системы CAO города Омска относятся:

1. Соответствие пассажиропотоку по направлениям и принудительное распределение его по сети, при котором наилучшим образом обеспечивалась бы прямолинейность пассажиропоездов, беспересадочность, минимальное транспортное время и полное соответствие интенсивности движения, пропускной способности всех участков транспортной сети. Например, на таких участках транспортной сети как: проспект Мира от ул. Нефтезаводской до ООТ Телецентр и ул. Заозерная от проспекта Менделеева до проспекта Академика Королева.

2. Оптимальное координирование в пространстве и времени по связям маршрутов внутри отдельных видов городского пассажирского транспорта.

3. Гибкость, т.е. способность не требовать больших капитальных затрат и эксплуатационных расходов, связанных с ее корректировкой, необходимость в которой неизбежно возникает при территориальном развитии города, например, при закрытии или открытии новых предприятий, торговых центров и других действиях, вызывающих изменения пассажиропотоков. Необходимо также, чтобы маршрутная система допускала возможность корректировки в кратчайшие сроки и связанные с ней работы оказывали минимальное мешающее влияние на жизнедеятельность города.

4. Обеспечение максимально равномерного распределения пассажиропотока по длине маршрутов и во времени (в разные периоды движения) и требуемое саморегулирование распределения пассажиропотоков по маршрутам, районам движения и видам транспорта.

5. Обеспечение реализации максимально расчетной скорости сообщения и эксплуатационной скорости подвижного состава, возможность ее повышения за счет реорганизации движения (перевода маршрутов на режим экспрессного движения или укороченных графиков движения, гибкого регулирования его с помощью средств современной вычислительной техники и проведения других мероприятий по совершенствованию системы организации движения). Например, в дневное время организация движения маршрутов не до ООТ (остановка общественного транспорта) ОНПЗ, а до ООТ пос. Ермак.

Главным условием обеспечения возможности реализации максимальных скоростей является такое проектирование маршрутной системы, которое обеспечивало бы максимальное исключение участков ограничения скорости движения и их влияния на скорость сообщения, минимальное мешающее влияние на работу маршрутного подвижного состава постороннего дорожного движения и возможность быстрого восстановления нарушенного движения.

6. Оптимизация по критерию минимума общих затрат транспортного времени населения в передвижениях, т.е. обеспечивать наименьшую пересадочность сообщений, наименьший коэффициент непрямолинейности поездов, минимальный интервал движения, максимальную скорость сообщения.

7. Обеспечение максимально простой системы организации движения с применением по возможности средств автоматизированных систем управления движением.

8. Обеспечение оптимизации по критерию минимума удельных капитальных вложений в остановочные пункты и другие линейные сооружения.[5].

Заключение

Суть реализации логистической концепции на рынке пассажирских перевозок состоит в разработке и внедрении логистических систем управления, то есть таких систем синхронного управления потоками услуг (перевозки пассажиров), сопутствующими им финансовыми и информационными потоками, которые основываются на логистических принципах и методах.

Библиографический список

1. Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина.- М.: Издательство «Экзамен», 2003. - 224 с.
2. Занятость населения [Электронный ресурс]- Режим доступа: <http://www.admomsk.ru/web/guest/city/urban-planning/masterplan/employment>.
3. Численность учащейся молодежи образовательных учреждений Российской Федерации: Среднесрочный прогноз до 2014 года и оценка тенденций до 2025 года / Под ред. Ф.Э. Шереги и А.Л. Алефьева. – М.: ЦСПИМ, 2010. – 320 с.
4. Отчет о научно-исследовательской работе Мониторинг пассажиропотоков и совершенствование маршрутной сети пассажирского транспорта г. Омска, часть 2. Научный руководитель темы: в.н.с., к.т.н., проф. СибАДИ С.Ю. Ольховский, Омск, 2009.
5. Организация логистических потоков в системе городских пассажирских перевозок: дисс. А. Г. Мальчикова, канд. эконом. наук: 08.00.06 – Санкт-Петербург. – 2000. – 135 с.

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF TRANSPORT LOGISTIC SYSTEMS OF TRANSPORTATIONS OF PASSENGERS IN SOVETSKY ADMINISTRATIVE DISTRICT OF THE CITY OF OMSK

D.V. Gavrilin, L.V. Trofimova, S.V. Sorokin

Abstract. *The main purpose of the use of logistics in the system of city passenger transport is providing the warranty and bezperestanno travel, improving the efficiency of information management, reduction of environmental pollution by road.. In the article the analysis of transport-logistical system of passenger transportation in the Soviet administrative district of Omsk.*

Keywords: *transport and logistics system, transport passengers, public transport*

Гаеридин Денис Викторович (Россия, Омск) – студент группы ТЛБ-14А1, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644047, г. Омск, ул. 3-я Ремесленная, 30, den9230@mail.ru).

Трофимова Людмила Семеновна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры "Организация перевозок и управление на транспорте", ФГБОУ ВО «СибАДИ» (trofimova_ls@mail.ru)

Сорокин Сергей Владимирович (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры "Организация перевозок и управление на транспорте", ФГБОУ ВО «СибАДИ» (sorsvsibadi@mail.ru)

Gavrilin Denis Viktorovich (Russia, Omsk) – student group TLB-14A1, of the FSBEI HE "SibADI" (644047, Omsk, 3 Remeslennaya street, 30, den9230@mail.ru).

Trofimova Lyudmila Semenovna (Russia, Omsk) – candidate of technical Sciences, docent of the Department "Organization of transportations and management on transport", of the FSBEI HE "SibADI" (trofimova_ls@mail.ru)

Sorokin Sergey Vladimirovich (Russia, Omsk) – candidate of economic Sciences, docent of the Department "Organization of transportations and management on transport", of the FSBEI HE "SibADI" (sorsvsibadi@mail.ru)

УДК 621.43.016

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОВ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СО СВЕРХВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ СЖАТИЯ

Е.Г. Порядин¹

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. *Рассматривается термодинамический цикл с изохорным подводом и отводом теплоты (цикл Отто). Повышение степени сжатия как возможность снижения удельного расхода топлива и повышения мощности бензинового двигателя, а также снижения вредных выбросов, образующихся при сгорании топливно-воздушной смеси, в атмосфере. Следовательно, улучшения экологической ситуации на планете. Также*

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

рассматривается влияние изменения давления на впуске на показатели цикла. Приводятся графики по результатам расчетов и соответствующие выводы.

Ключевые слова: степень сжатия, давление, температура, коэффициент полезного действия.

Введение

Необходимость осуществления больших объемов грузовых и пассажирских перевозок вызвала увеличение выпуска автомобилей. Эта тенденция устойчиво сохраняется и в настоящее время.

Основой автотранспортной энергетики в ближайшем будущем останутся двигатели внутреннего сгорания (ДВС), которые после столетнего развития достигли высокого совершенства. Факторами, влияющими на конструкцию ДВС, являются необходимость увеличения удельной мощности, повышение надежности и возможность использования двигателя в различных условиях эксплуатации при минимальных расходах топлива, стоимости и затратах материалов. [1, с. 3]

Основной проблемой двигателестроения является создание поршневого ДВС, в котором максимально возможное количество внутренней энергии превращалось бы в полезную механическую работу. Решение поставленной проблемы рассмотрим на примере теоретического ДВС, работающего по циклу Отто. Как известно, устройства, трансформирующие в работу тепловую энергию, носят название тепловых двигателей. Степень её совершенства оценивается термическим коэффициентом полезного действия (КПД). Существуют разные способы повышения КПД бензинового двигателя.

Одним из основных конструктивных способов является повышение степени сжатия ε двигателя. Рассмотрим влияние повышения степени сжатия на основные термодинамические параметры рабочего тела в цилиндре двигателя в конце сжатия: его температуру, среднее давление за цикл, КПД двигателя.

Исследование влияния ε_a и p_a на показатели цикла

За исходные данные возьмем следующие данные (Табл.1), принятые постоянными на протяжении всего термодинамического исследования:

Таблица1 – Исходные данные

$t_a, ^\circ\text{C}$	ε_a	$q_1, \text{кДж/кг}$
20	10-50	1400

Исследование будем проводить при разных значениях давления p_a : 0,06; 0,08; 0,1; 0,12 МПа, то есть с разницей в 20%.

При термодинамическом исследовании температура в конце сжатия находится по формуле:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon_a^{k-1} \quad (1)$$

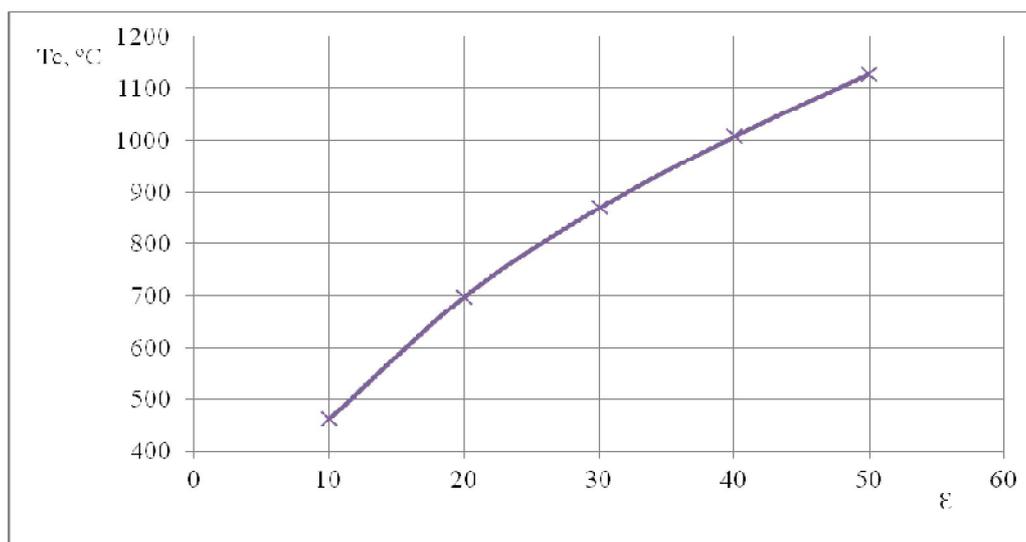


Рисунок 1 – Зависимость влияния повышения степени сжатия на температуру в конце такта сжатия

Как видно из рис. 1, повышение степени сжатия напрямую влияет на температуру T_c , причем T_c не зависит от исходного давления p_a .

$$p_c = p_a \cdot \epsilon_a^k \quad (2)$$

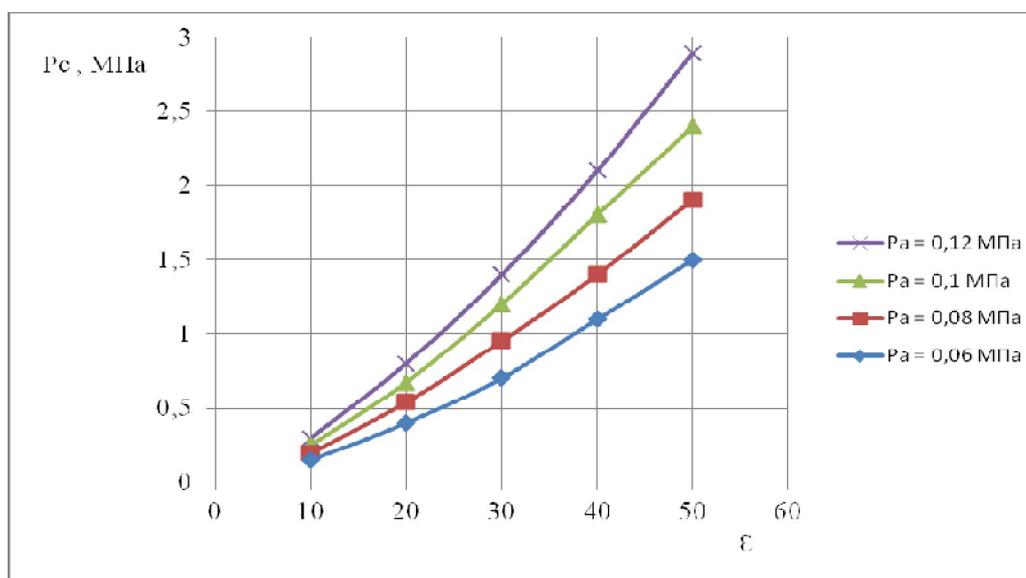


Рисунок 2 – Зависимость влияния повышения степени сжатия на давление в конце такта сжатия

Как видно из графика на рисунке 2, давление p_c зависит от степени сжатия ϵ и давления p_a , причем разница в 20%, с которой мы брали значения p_a , сохраняется, несмотря на нелинейную зависимость между давлением в начале и в конце впуска. Что в конечном итоге ведет к увеличению КПД цикла, рассчитываемого по формуле:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \quad (3)$$

Как видно из рисунка 3 повышение степени сжатия будет эффективным только до определенного момента. КПД будет значительно повышаться только при повышении степени сжатия до значения $\epsilon = 30$.

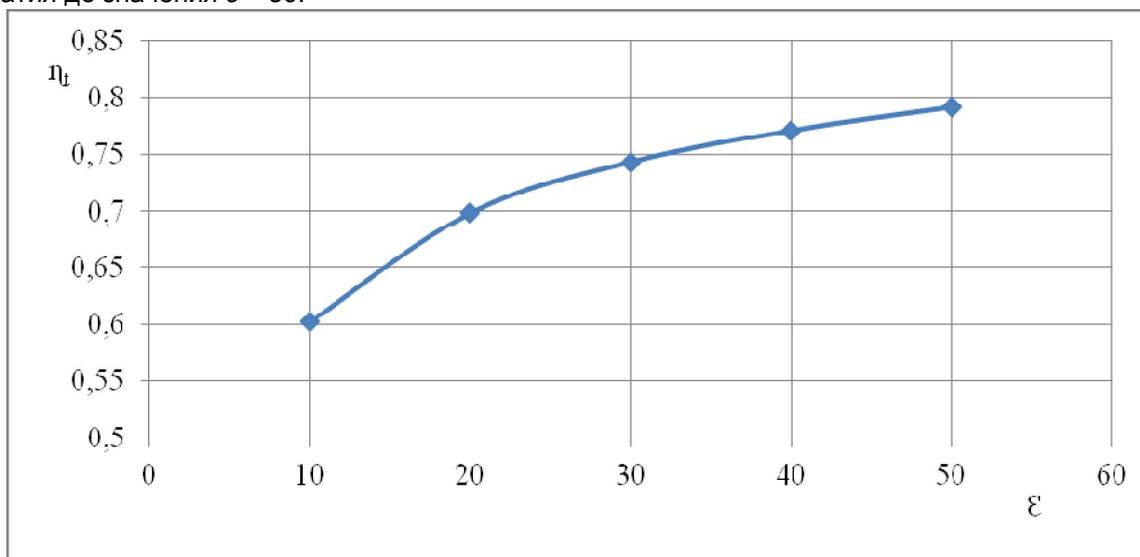


Рисунок 3 – Зависимость влияния повышения степени сжатия на КПД цикла

Будет расти также и среднее давление за цикл, рассчитываемое по формуле:

$$p_t = \frac{l_t}{100 \cdot (v_{max} - v_{min})} \quad (4)$$

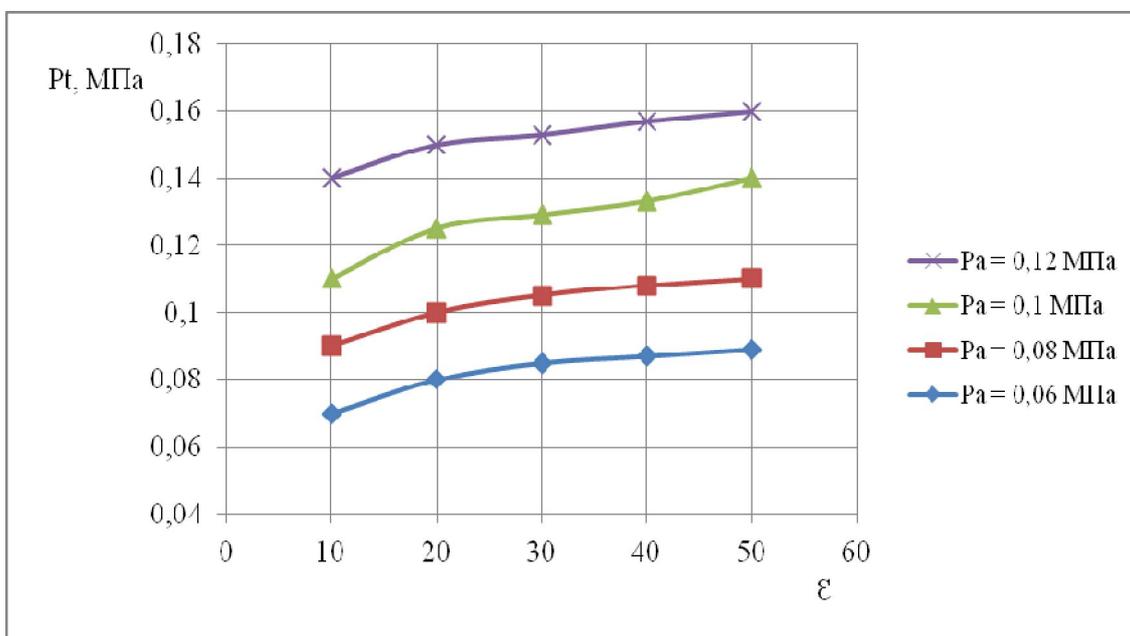


Рисунок 4 – Влияние повышения степени сжатия на среднее термодинамическое давление

Как видно из графика на рисунке 4, среднее давление почти на 22% процентов выше при $\epsilon = 50$, чем при $\epsilon = 10$ при давлении впуска $p_a = 0,1$ МПа и $p_a = 0,06$ МПа.

Немаловажным остается тот факт, что увеличится работа цикла, рассчитываемая по формуле:

$$l_t = q_1 \cdot \eta_t \quad (4)$$

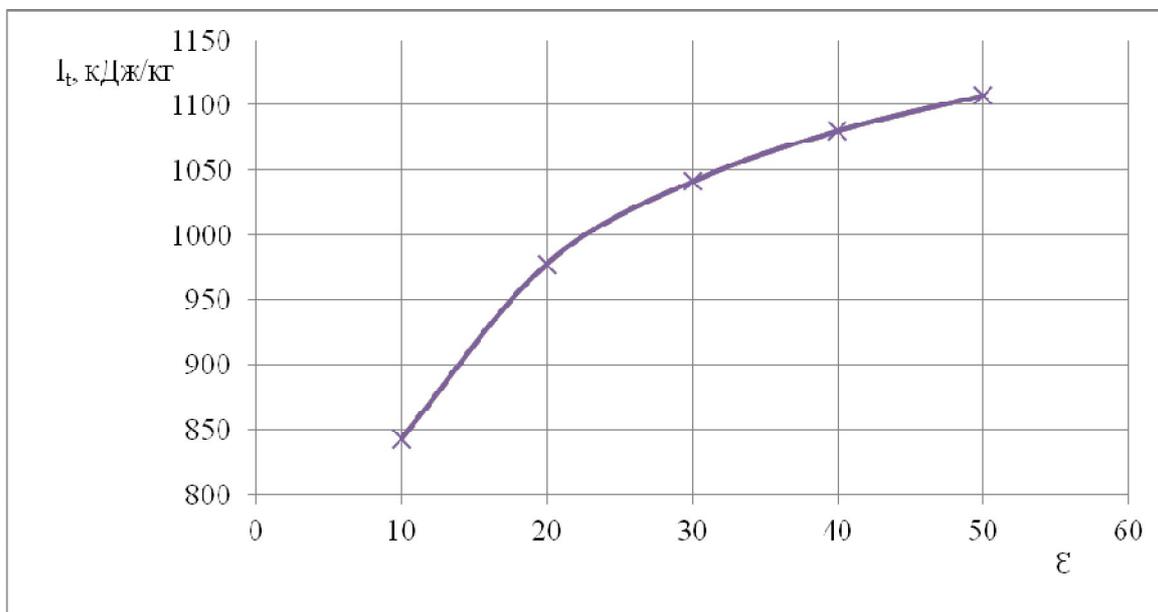


Рисунок 5 – Зависимость влияния повышения степени сжатия на полезную работу цикла

Как видно из Рис.5 полезная работа цикла возрастает с увеличением степени сжатия ϵ , но интенсивность приращения работы уменьшается.

Однако в реальных циклах существуют ограничения по увеличению степени сжатия, а соответственно и КПД цикла. При значительном повышении степени сжатия в определенный момент времени температура рабочего тела в цилиндре двигателя может превысить температуру самовоспламенения и произойдет детонация. Это приводит к значительному повышению механических и температурных нагрузок на детали двигателя. В частности, в первую очередь воспринимают основную нагрузку поршень и поршневые кольца, что приводит к выходу ДВС из строя.

В настоящее время создан двигатель, работающий со степенью сжатия $\epsilon = 21$, имеющий КПД $\eta_t = 65\%$.

Заключение

Таким образом, вопрос о повышении степени сжатия как способе повышения КПД двигателя остается актуальным и в настоящее время.

Научный руководитель к. т. н., доцент Иванов А.Л.

Библиографический список

1. Двигатели внутреннего сгорания : учебник : в 3 кн. / ред.: В. Н. Луканин, М. Г. Шатров. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2007. - Кн. 1 : Теория рабочих процессов. - 479 с.
2. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика : учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов ; ред. В. А. Козлов. - 4-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2005. - 261 с.
3. Расчет термодинамических циклов тепловых двигателей : методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов специальностей 190601 / СибАДИ, Кафедра теплотехники и тепловых двигателей ; сост.: А. Л. Иванов, В. И. Подгурский. - Омск : СибАДИ, 2010. - 29 с.
4. Теплотехника: Учеб. для вузов /А.П.Баскаков, Б.В.Берг и др.; Под ред. А.П.Баскакова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224 с..
5. Корабельщиков Н.И. Универсальный термодинамический цикл тепловых двигателей. – Сб.: Двигатели внутреннего сгорания. вып. 1, Омск, 1969.
6. Расчётно-графическое исследование термодинамических циклов газовых двигателей: учеб. Пособие/ Н.И. Корабельщиков. - Новосибирск: 1977.-78 с.

7. Автомобильные двигатели: конспект лекций / П. Л. Шевченко; СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2014. – 212 с.

THERMODYNAMIC STUDY OF GASOLINE ENGINES, HIGH COMPRESSION RATIO

E.G. Poryadin

Annotation. *The thermodynamic cycle with an izokhronny supply and withdrawal of warmth (Otto's cycle) is considered. Increase in extent of compression as a possibility of decrease in specific fuel consumption and increase in power of the petrol engine, and also decrease in the harmful emissions which are formed at combustion of fuel-air mix in the atmosphere. Therefore, improvements of an ecological situation on the planet. Also influence of change of pressure on an admission upon cycle indicators is considered. Schedules by results of calculations and the corresponding conclusions are provided.*

Keywords: *compression ratio, pressure, temperature, efficiency.*

Порядин Егор Геннадьевич (Россия, Омск) – студент группы НТС-14А1, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: poryadin_e_g@mail.ru).

Poryadin Egor Gennadevich (Russia, Omsk) – student of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Perm, Russian Federation, e-mail: poryadin_e_g@mail.ru).

УДК 621.43

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Е.Ю. Руппель, Е. А. Онучина

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. *В статье освещается вопрос использования математических методов в исследованиях, в основу которых положено изучение значений амплитуд и фаз гармоник, описывающих колебательные процессы, возникающие в дорожной технике. В частности, применение теории приближенных вычислений методом Рунге для изучения спектрального анализа несинусоидального напряжения, возникающего в цепях управления асинхронным электроприводом. Для рассмотрения асинхронного двигателя, который широко используется в строительной технике данный метод дает достаточно хорошие результаты.*

Ключевые слова: *Ряд Фурье, несинусоидальное напряжение, гармоника, асинхронный двигатель.*

Введение

Асинхронный электропривод широко используется в строительной, грузоподъемной технике. Использование инверторов и выпрямителей напряжения приводят к не синусоидальности напряжения, поступающего на обмотки статора двигателя. Одним из побочных эффектов нелинейности напряжения является неустойчивая работа двигателя. Основной причиной неравномерности двигателя ротора является пульсация магнитного поля, вызванная гармоническими составляющими несинусоидального напряжения. Поэтому возникает необходимость определения спектральных составляющих, т. е. их амплитуд (коэффициентов ряда Фурье) и частот.

Явления, происходящие в электрических системах при периодических, но несинусоидальных ЭДС, напряжениях и токах проще всего поддаются исследованию, если кривые ЭДС, напряжений и токов разложить в тригонометрический ряд Фурье [1].

Рядом Фурье периодической функции $f(x)$ с периодом 2π , определенной на сегменте $[-\pi, \pi]$, называется ряд

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx), \quad (1)$$

$$\text{где, } b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Отдельные синусоидальные величины, входящие в разложение (1) называют гармоническими составляющими функции $f(x)$ или просто её гармониками. Это разложение принимает особенно простой вид, если независимой переменной является именно угол $x = \omega t = \frac{2\pi t}{T}$:

$$\text{Так как } A_k' \sin k\omega t = A_k'' \cos k\omega t = A_k \sin(k\omega t + \Psi_k),$$

где $A_k = \sqrt{(A_k')^2 + (A_k'')^2}$ и $\operatorname{tg} \Psi_k = A_k' / A_k''$, то ряд Фурье, можно записать в виде

$$f(\omega t) = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \Psi_1) + A_2 \sin(2\omega t + \Psi_2) + \dots = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(k\omega t + \Psi_k), \quad (3)$$

где A_k - амплитуда k -й гармоники.

Самый же процесс разложения периодической функции на гармоники носит название гармонического анализа. Гармонический анализ представляет собой процесс расчета значений амплитуд и фаз основной частоты и гармоник более высокого порядка периодической кривой.

Практический гармонический анализ

На практике формулами (1) – (2) для вычисления коэффициентов ряда Фурье непосредственно приходится пользоваться очень редко. Дело в том, что функции, у которых необходимо определить значения амплитуд и фаз основной частоты гармоник более высокого порядка, обыкновенно задаются таблицей своих значений или графиком. Первое имеет место, например, при предварительных проектных вычислениях, второе – при использовании самопишущими приборами, регистрирующими периодические изменения интересующей нас величины.

Таким образом аналогического выражения функции в нашем распоряжении нет, и мы вынуждены прибегнуть к гармоническому анализу. Прибегают именно для того, чтобы таким путем получить (хотя бы приближенное) аналитическое выражение (1) для функции! В подобном случае для вычисления коэффициентов Фурье нужно обратиться к приближенным методам. Он основан на замене определенного интеграла суммой конечного числа слагаемых и носит название практический гармонический анализ. С этой целью период функции $f(x)$, равный 2π , разбивают на k равных частей. Коэффициенты ряда Фурье обыкновенно быстро убывают, а с ними быстро падает и влияние далеких гармоник.

Этот метод основан на замене определенного интеграла суммой конечного числа слагаемых. С этой целью период функции $f(\omega t)$, равный 2π , разбивают на n равных частей

$$\Delta(\omega t) = \frac{2\pi}{n} \text{ и интегралы заменяют суммами}$$

Существует программа «гармонический анализ» на персональном компьютере, которая разработана на основе графо - аналитического метода. Не останавливаясь на этой программе, дадим понятие об приближенных вычислениях интегралов [2].

Основные положения приближенных вычислений метода Рунге

Обыкновенно дается (или снимается с графика) ряд равноотстоящих ординат, т.е. ряд значений функций y , отвечающий равноотстоящим значениям аргумента x . Пусть, скажем, промежуток от 0 до 2π разделен на n равных частей, и пусть известны ординаты

$$y_0, y_1, y_2, \dots, y_{k-1}, y_k = y_0$$

отвечающие точкам деления

$$0, \frac{2\pi}{n}, 2 \cdot \frac{2\pi}{n}, 3 \cdot \frac{2\pi}{n}, \dots, (n-1) \cdot \frac{2\pi}{n}, 2\pi$$

Тогда, по правилу трапеций [2], имеем (конечно, лишь приближенно!)
Переменная величина ωt связана с периодом функции во времени T соотношением

$$\omega t = 2\pi t / T.$$

Характерные кривые периодических функций ЭДС, напряжения и тока, встречающиеся в электрических системах, приведены на рис. 1.16.

Таким образом, период функции $f(\omega t)$ равен 2π , а период той же функции по времени равен T . Ряд Фурье записывают так [2]:

$$f(\omega t) = A_0 + A_1' \sin \omega t + A_2' \sin 2\omega t + A_3' \sin 3\omega t + \dots + A_1'' \cos \omega t + A_2'' \cos 2\omega t + A_3'' \cos 3\omega t + \dots$$

Здесь: A_0 - постоянная составляющая;

A_1' - амплитуда синусной (изменяющейся по закону синуса) составляющей первой гармоники;

A_1'' - амплитуда косинусной составляющей первой гармоники;

A_2' - амплитуда синусной составляющей второй гармоники и т.д.

По определению, постоянная составляющая рассчитывается по формулам

$$A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-2\pi}^{2\pi} f(\omega t) d\omega t \text{ или}$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx \approx \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{n} \left[\frac{1}{2} y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} + \frac{1}{2} y_n \right].$$

В виду периодичности нашей функции, $y_n = y_0$ и значение a_0 можно написать и так:

$$n a_0 = y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1}.$$

Аналогично, применяя правило трапеции к другим интегралам (2), найдем:

$$A_k' = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{2\pi}{n} \cdot \left[y_0 + y_1 \cdot \cos k \cdot \frac{2\pi}{n} + y_2 \cdot \cos k \cdot \frac{4\pi}{n} + \dots + y_{k-1} \cdot \cos k \cdot \frac{2(k-1)\pi}{n} \right] = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{2\pi}{n} \sum_{p=1}^n y_p \sin_p kx \quad (4)$$

или

$$\frac{n}{2} A_k' = y_0 + y_1 \cdot \cos k \frac{2\pi}{n} + y_2 \cdot \cos k \frac{4\pi}{n} + \dots + y_{k-1} \cdot \cos k \frac{2(k-1)\pi}{n},$$

а также

$$A_k'' = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{2\pi}{n} \cdot \left[y_0 + y_1 \cdot \sin k \cdot \frac{2\pi}{n} + y_2 \cdot \sin k \cdot \frac{4\pi}{n} + \dots + y_{k-1} \cdot \sin k \cdot \frac{2(k-1)\pi}{n} \right] = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{2\pi}{n} \sum_{p=1}^n y_p \sin_p kx ; \quad (5)$$

$$\frac{n}{2} b_k = y_0 + y_1 \cdot \sin k \frac{2\pi}{n} + y_2 \cdot \sin k \frac{4\pi}{n} + \dots + y_{k-1} \cdot \sin k \frac{2(k-1)\pi}{n}.$$

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Рассмотрим схему для двенадцати ординат. Для этого положим сначала $n=12$ и будем исходить из двенадцати ординат:

$$y_0, y_1, y_2, \dots, y_{11}$$

отвечающих двенадцати равноотстоящим значениям аргумента

$$0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \frac{5\pi}{6}, \pi, \frac{7\pi}{6}, \frac{4\pi}{3}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{3}, \frac{11\pi}{6}$$

или, в градусах,

$$0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$$

Все множители, на которые придется умножить эти ординаты, по формулам приведения сведутся к следующим:

$$\pm 1, \pm \sin 30^\circ = \pm 0,5, \pm \sin 60^\circ = \pm 0,866$$

Именно, легко проверить, что

$$12A_0 = y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11}$$

$$6A_1'' = (y_2 + y_{10} - y_4 - y_8) \sin 30^\circ + (y_1 + y_{11} - y_5 - y_7) \sin 60^\circ + (y_0 - y_6)$$

$$6A_2'' = (y_1 + y_5 + y_7 + y_{11} - y_2 - y_4 - y_8 - y_{10}) \sin 30^\circ + (y_0 + y_6 - y_3 - y_9)$$

$$6A_3'' = y_0 + y_4 + y_8 - y_2 - y_6 - y_{10}$$

$$6A_1' = (y_1 + y_5 - y_7 - y_{11}) \sin 30^\circ + (y_2 + y_4 - y_8 - y_{10}) \sin 60^\circ + (y_3 - y_9)$$

$$6A_2' = (y_1 + y_2 + y_7 + y_8 - y_4 - y_5 - y_{10} - y_{11}) \sin 60^\circ$$

$$6A_3' = y_1 + y_5 + y_9 - y_3 - y_7 - y_{11}$$

(6)

31

и т. д.

Например,

$$\begin{aligned} 6A_1'' &= y_0 \cos 0^\circ + y_1 \cos 30^\circ + y_2 \cos 60^\circ + y_3 \cos 90^\circ + y_4 \cos 120^\circ + y_5 \cos 150^\circ + \\ &+ y_6 \cos 180^\circ + y_7 \cos 210^\circ + y_8 \cos 240^\circ + y_9 \cos 270^\circ + y_{10} \cos 300^\circ + y_{11} \cos 330^\circ = \\ &= y_0 + y_1 \sin 60^\circ + y_2 \sin 30^\circ - y_4 \sin 30^\circ - y_5 \sin 60^\circ - y_6 - y_7 \sin 60^\circ - y_8 \sin 30^\circ + \\ &+ y_{10} \sin 30^\circ + y_{11} \sin 60^\circ, \end{aligned}$$

что совпадает с написанным выше выражением.

Для того, чтобы свести выкладки (особенно – умножения) к минимуму, их производят по определенной схеме, предложенной Рунге (Runge). Сначала выписывают в указанном ниже порядке ординаты и над каждой парой подписанных одна под другой ординат производят сложение и вычитание:

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

	y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7		
<i>Суммы</i>	u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6
<i>разности</i>	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5		

Затем, аналогично выписывают эти суммы и разности, и снова подвергают их сложению и вычитанию:

	u_0	u_1	u_2				
	u_3						
	u_6	u_5	u_4				
<i>Суммы</i>	s_0	s_1	s_2	s_3			
<i>разности</i>	d_0	d_1	d_2				

	v_1	v_2
	v_3	
	v_5	v_4
<i>Суммы</i>	σ_1	σ_2
<i>разности</i>	σ_3	
	δ_1	δ_2

Теперь, получив после всех этих сложений и вычитаний ряд величин s, d, σ, δ , мы можем следующим образом выразить через них искомые коэффициенты $A_0, A_1'', A_2'', A_1', A_2', A_3', \dots$:

$$\left. \begin{aligned}
 12a_0 &= s_0 + s_1 + s_2 + s_3, \\
 6a_1 &= d_0 + 0,866d_1 + 0,5d_2, \\
 6a_2 &= (s_0 - s_3) + 0,5(s_1 - s_2), \\
 6a_3 &= d_0 - d_2, \\
 6b_1 &= 0,5\sigma_1 + 0,866\sigma_2 + \sigma_3, \\
 6b_2 &= 0,866(\delta_1 + \delta_2), \\
 6b_3 &= \sigma_1 - \sigma_3,
 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

32

Нетрудно убедиться, что эти формулы в точности соответствуют формулам (6).

Примеры применения, рассмотренного выше метода к практическим задачам.

1. Определение первой и второй гармоник кривой напряжения.

Рассмотрим кривую напряжения, полученную на шинах 100 в трансформаторной подстанции, изображенной на рис.1., а к которой подключен кран. Значения ординат функции $u(t)$ за первый полупериод при разбивке периода на $n=24$ части, следующие [2]:

p ...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_p(\omega t)$	7	11	13,5	15,4	17,4	20,5	25,4	32,5	27,7	19,2	10	5

Перед тем как производить графическое разложение в ряд Фурье, необходимо выяснить, не обладает ли раскладываемая функция симметрией относительно осей ординат. Наличие того или иного вида симметрии позволяет до проведения разложения предсказать, какие гармоники следует ожидать.

Знак углов Ψ_k в формуле (3) зависит от знаков A_k' и A_k'' . При построении гармоник на общем графике необходимо учитывать, что масштаб оси абсцисс для k -й гармоники должен быть взят в k раз большим, чем для первой гармоники. Например, если некоторый отрезок по оси абсцисс для первой гармоники выражает собой угол $\frac{\pi}{3}$, то тот же отрезок для третьей гармоники выражает собой угол, в 3 раза больший, т.е. $3(\frac{\pi}{3})=\pi$.

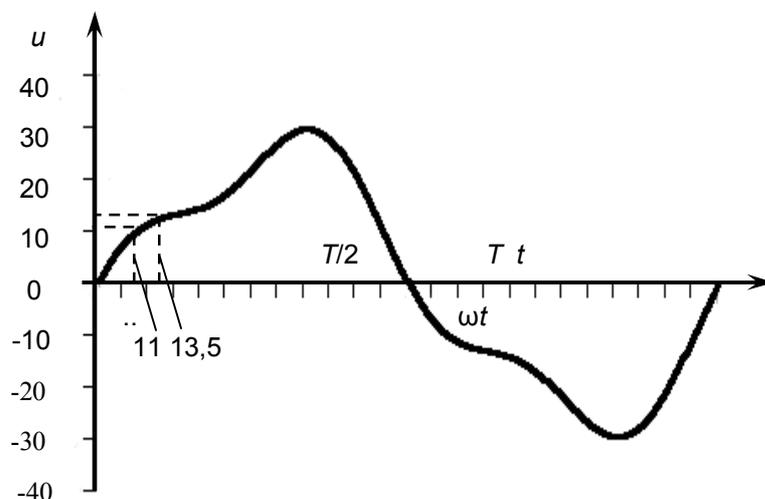


Рисунок 1 – Кривая напряжения, полученная на шинах 100 в трансформаторной подстанции

Амплитуда синусной составляющей первой гармоники определяется по формуле (4)

$$A_1' = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f_p(\omega t) \sin_p \omega t = \frac{4}{n} \sum_{p=1}^{n/2} f_p(\omega t) \sin_p \omega t$$

$$A_1' = \frac{4}{24} (7 \sin 7^{\circ}30' + 11 \sin 22^{\circ}30' + 13,5 \sin 37^{\circ}30' + 15,4 \sin 52^{\circ}30' + 17,4 \sin 67^{\circ}30' + 20,5 \sin 82^{\circ}30' + 25,4 \sin 97^{\circ}30' + 32,5 \sin 112^{\circ}30' + 27,7 \sin 127^{\circ}30' + 19,2 \sin 142^{\circ}30' + 10 \sin 157^{\circ}30' + 5 \sin 172^{\circ}30') = 25,3.$$

Амплитуда косинусной составляющей первой гармоники определяется по формуле (5)

$$A_k'' = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f_p(\omega t) \cos_p k\omega t = \frac{4}{n} \sum_{p=1}^{n/2} f_p(\omega t) \cos_p k\omega t$$

$$A_1'' = \frac{4}{24} (7 \cos 7^{\circ}30' + 11 \cos 22^{\circ}30' + 13,5 \cos 37^{\circ}30' + 15,4 \cos 52^{\circ}30' + 17,4 \cos 67^{\circ}30' + 20,5 \cos 82^{\circ}30' + 25,4 \cos 97^{\circ}30' + 32,5 \cos 112^{\circ}30' + 27,7 \cos 127^{\circ}30' + 19,2 \cos 142^{\circ}30' + 10 \cos 157^{\circ}30' + 5 \cos 172^{\circ}30') \approx 5,23.$$

Амплитуда синусной составляющей третьей гармоники

$$A_3' = \frac{4}{n} \sum_{p=1}^{n/2} f_p(\omega t) \sin_p 3 \cdot \omega t.$$

$$A_3' = \frac{4}{24} (7 \sin 3 \cdot 7^{\circ}30' + 11 \sin 3 \cdot 22^{\circ}30' + 13,5 \sin 3 \cdot 37^{\circ}30' + 15,4 \sin 3 \cdot 52^{\circ}30' + 17,4 \sin 3 \cdot 67^{\circ}30' + 20,5 \sin 3 \cdot 82^{\circ}30' + 25,4 \sin 3 \cdot 97^{\circ}30' + 32,5 \sin 3 \cdot 112^{\circ}30' + 27,7 \sin 3 \cdot 127^{\circ}30' + 19,2 \sin 3 \cdot 142^{\circ}30' + 10 \sin 3 \cdot 157^{\circ}30' + 5 \sin 3 \cdot 172^{\circ}30') \approx 3,47.$$

Амплитуда косинусной составляющей третьей гармоники

$$A_k'' = \frac{4}{n} \sum_{p=1}^{n/2} f_p(\omega t) \cos k\omega t$$

$$A_3'' = \frac{4}{24} (7\cos 3^\circ 7' 30'' + 11\cos 3^\circ 22' 30'' + 13,5\cos 3^\circ 37' 30'' + 15,4\cos 3^\circ 52' 30'' + 17,4\cos 3^\circ 67' 30'' + 20,5\cos 3^\circ 82' 30'' + 25,4\cos 3^\circ 97' 30'' + 32,5\cos 3^\circ 112' 30'' + 27,7\cos 3^\circ 127' 30'' + 19,2\cos 3^\circ 142' 30'' + 10\cos 3^\circ 157' 30'' + 5\cos 3^\circ 172' 30'') \approx 5,1.$$

Амплитуда первой гармоники

$$A_1 = \sqrt{(A_1')^2 + (A_1'')^2} = \sqrt{(25,3)^2 + (-5,23)^2} \approx 25,9.$$

Тангенс угла Ψ_1 , на которой начало первой гармоники смещено по отношению к началу кривой $u(t)$

$$\operatorname{tg} \Psi_1 = A_1'' / A_1' = -5,23 / 25,3 = -0,206; \quad \Psi_1 = -11^\circ 40'.$$

Амплитуда третьей гармоники

$$A_3 = \sqrt{(A_3')^2 + (A_3'')^2} = \sqrt{(5,1)^2 + (3,47)^2} = 6. \quad \operatorname{tg} \Psi_3 = A_3'' / A_3' = 5,1 / 3,47 = 1,47; \quad \Psi_3 = 55^\circ 30'.$$

Следовательно, если ограничиться третьей гармоникой, то

$$u(t) = 25,9 \sin(\omega t - 11^\circ 40') + 6 \sin(3\omega t - 55^\circ 50').$$

На рис.2. изображены первая и третья гармоники полученного ряда, а также результирующая (суммарная) кривая. Ее можно сопоставить с кривой на рисунке 1

2. Определение точности, производимых расчетов. Для того чтобы дать себе отчет в том, с какой примерно точностью получаются коэффициенты Фурье функции по 12 ординатам ее графика, мы приложим изложенный метод к некоторым аналитически заданным функциям и сравним приближенные результаты с точными.

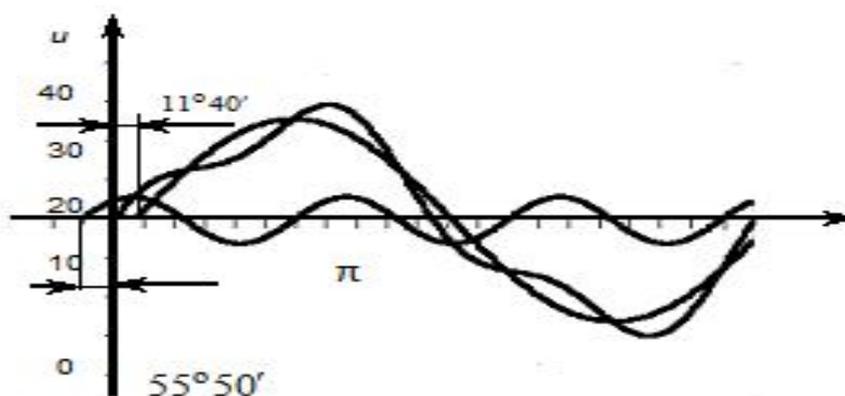


Рисунок 2 – Первая и третья гармоники полученного ряда

Сначала рассмотрим функцию $f(x)$, которая в промежутке $(0, 2\pi)$ задается формулой:

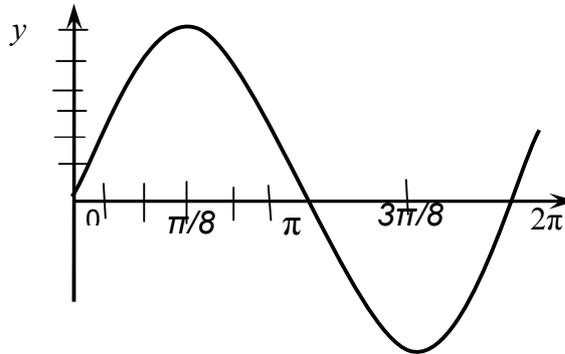


Рисунок 3 – График функции $y = \frac{1}{2\pi^2}(x^3 - 3\pi x^2 + 2\pi^2 x)$

$$y = f(x) = \frac{1}{2\pi^2}(x^3 - 3\pi x^2 + 2\pi^2 x), \quad (7)$$

а для остальных значений x определяется по закону периодичности:

$$f(x + 2\pi) = f(x).$$

График функции представлен на рис.3.

Вычислим таблицу:

$x =$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{5\pi}{6}$	π	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{4\pi}{3}$		$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{11\pi}{6}$	2π	
$y =$	0	0,400	0,582	0,589	0,465	0,25	0	-0,25	-0,465		-0,589	-0,582	-0,400	0	35

При этом можно использовать легко проверяемое тождество:

$$f(2\pi - x) = -f(x)$$

По схеме Рунге, по этим значениям y найдем [3]:

$$b_1 = 0,608 \quad b_2 = 0,076 \quad b_3 = 0,022;$$

все числа u_i , а с ними и все коэффициенты a_m оказываются нулями, что и должно быть в виду нечетности функции.

В то же время формулы (2) непосредственно дают (с помощью трехкратного интегрирования по частям):

$$b_m = \frac{1}{2\pi^3} \int_0^{2\pi} (x^3 - 3\pi x^2 + 2\pi^2 x) \sin mx dx = \frac{6}{m^3 \pi^3} \quad (8)$$

так что

$$b_1 = \frac{6}{\pi^2} = 0,6079 \quad b_2 = \frac{3}{4\pi^2} = 0,0760 \quad b_3 = \frac{2}{9\pi^2} = 0,0225.$$

Совпадение превосходное!

Заключение

Как видим, для первых двух коэффициентов относительная ошибка не превосходит 1,5—2%, а для последующих достигает 10% (a_2) и даже 20% (a_3).

Как мы видели, пользуясь схемой Рунге, мы в сущности вычисляем коэффициенты Фурье по формуле трапеций. Можно показать, что точность этих вычислений существенно зависит от быстроты убывания коэффициентов Фурье по мере возрастания их номера [4].

Практически важнее, однако, указать такие влияющие на точность приближенных формул (5) свойства анализируемой функции, которые можно было бы прямо прочитать по ее графику. Прежде всего, сильно понижают эту точность разрывы или скачки самой функции (т. е. ее графика), даже в том случае, если разрывы имеют место на концах промежутка $(0, 2\pi)$ и обнаруживаются лишь при продолжении графика налево и направо. Аналогично (хотя в меньшей степени) влияют разрывы или скачки производной; они становятся заметны по наличию угловых точек, в которых касательная скачком меняет свое направление. Такие точки как раз и имеются в графике только что рассмотренной функции (рис. 3). Наконец, заметное влияние оказывает вообще „порывистый“ ход кривой, с скачкообразными изменениями ее кривизны, и т. п.

Для непрерывной и плавной кривой, 12 ординат позволяют более или менее удовлетворительно установить обыкновенно лишь первые две-три гармоники; поэтому мы ими и ограничивались. Если нужны и дальнейшие гармоники или если ход кривой недостаточно плавен, то следует исходить из большего числа ординат. Так, например, чаще всего и обстоит дело при анализе кривых напряжений [5]. Для рассмотрения асинхронного двигателя, который широко используется в строительной технике данный метод дает достаточно хорошие результаты.

Библиографический список

1. Руппель, Е.Ю. Задачник-практикум по математике: в 2 ч.: учебное пособие / Е. Ю. Руппель, С. В. Матвеева, Т. Е. Болдовская. - Омск: СибАДИ, 2013. - Ч. 2. -116 с.
2. Руппель, Е. Ю. Приложение рядов для расчета рекуперации кинетической энергии при использовании пневмогидроаккумулятора//Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. -2015. - № 5. - С. 129-135.
3. Руппель Е.Ю. Элементы теории вероятностей и методы статистической обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. -Омск: Изд-во СибАДИ, 2003 -141 с.
4. Руппель, Е.Ю. Курс высшей математики. Часть 2: учеб. пособие / Е.Ю. Руппель. -СибАДИ. -Омск, 2001. - 228 с.
5. Вишнягов, М.Г. Анализ гармонического воздействия помех на электрические сети береговых объектов водного транспорта Западной Сибири / М.Г. Вишнягов, А.А. Руппель // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2009. -№ 1. - С. 331-334.

USING HARMONIC ANALYSIS IN THE STUDY OF THE PECULIARITIES OF THE START OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR

E.YU Ruppel', E.A. Onuchina

Abstract. *In the question of using mathematical methods in studies based on the study of the values of the amplitudes and phases of harmonics describing the oscillatory processes arising in road engineering is discussed. In particular, the application of the theory of approximate calculations by the Runge method for studying the spectral analysis of the non-sinusoidal voltage arising in the control circuits of an asynchronous electric drive. To consider an asynchronous motor, which is widely used in construction equipment, this method gives quite good results.*

Keywords: *Fourier series, non-sinusoidal voltage, harmonic, asynchronous motor.*

Руппель Елена Юрьевна (Омск, Россия) - доцент кафедры «Высшая математика», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, Г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: ruppeleu@mail.ru).

Онучина Евгения Александровна (Омск, Россия) – студентка группы СУЗ 12Д1 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, Г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: Onuchina.natashenka@mail.ru).

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Ruppel Elena Yurevna (Omsk, Russian Federation) - associate professor, associate professor Department of mathematic , The Siberian stat automobile and highway University (SidADI), (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: ruppeleu@mail.ru).

Onuchina Evgeniya Aleksandrovna (Omsk, Russian Federation) - student of group CPS 15D1, The Siberian stat automobile and highway University (SidADI), (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: Onuchina.natashenka@mail.ru).

УДК 622.233.05

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСТАНОВКИ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

А.С. Максимов, Д.С. Семкин

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В данной статье рассмотрены сложные грунтовые условия, при которых невозможно применить стандартный способ бестраншейной прокладки подземных коммуникаций при помощи установки горизонтально - направленного бурения. На примере участка реки Обь, представлен способ, позволяющий исключить обрушение свода скважины и беспрепятственно строить подземные переходы в местах с чередованием устойчивых и сыпучих грунтов с использованием обсадных труб. Представлено устройство для протягивания обсадной трубы различных диаметров, описан принцип работы и компоновка механизма.

Ключевые слова: горизонтально – направленное бурение, обрушение скважины, сложные грунтовые условия, чередование устойчивых и сыпучих грунтов, обсадная труба, устройство для протягивания обсадной трубы, строительство подводного перехода.

Введение

Технология горизонтально – направленного бурения (ГНБ) - прогрессивная методика прокладки подземных коммуникаций, позволяющая производить строительство скважин под дорогами, железнодорожным полотном, оврагами и широкими реками. Данный метод применяют как при строительстве крупных трубопроводов, так и для прокладывания мелких коммуникаций, таких как кабели, линий водопроводов и канализаций.

Упомянутый способ имеет ряд достоинств, а именно: уменьшается объем ремонтно-восстановительных работ места строительства; требуется меньшее количество техники и персонала, что существенно снижает затраты; более короткие сроки выполнения работ; меньшая вероятность аварий; производимые работы практически не оказывают влияния на окружающую среду, что делает метод более экологичным, нежели траншейный. Благодаря имеющимся достоинствам, технология горизонтально- направленного бурения применяется все чаще.

Но также наряду с достоинствами имеются и существенные недостатки, в некоторых случаях не позволяющие воспользоваться данным методом. К таким следует относить: имеющиеся под землей препятствия; требуются короткие переходы на небольшой глубине залегания; невозможность прокладки в сыпучих грунтах, в связи с обрушением свода скважины.

Последний недостаток можно отнести к наиболее серьезным, так как прокладка напрямую через неустойчивый грунт могла бы сэкономить время и средства, но процесс бурения будет невозможен при обвале скважины, в следствие невозможности выносить разбуренную породу на поверхность [1].

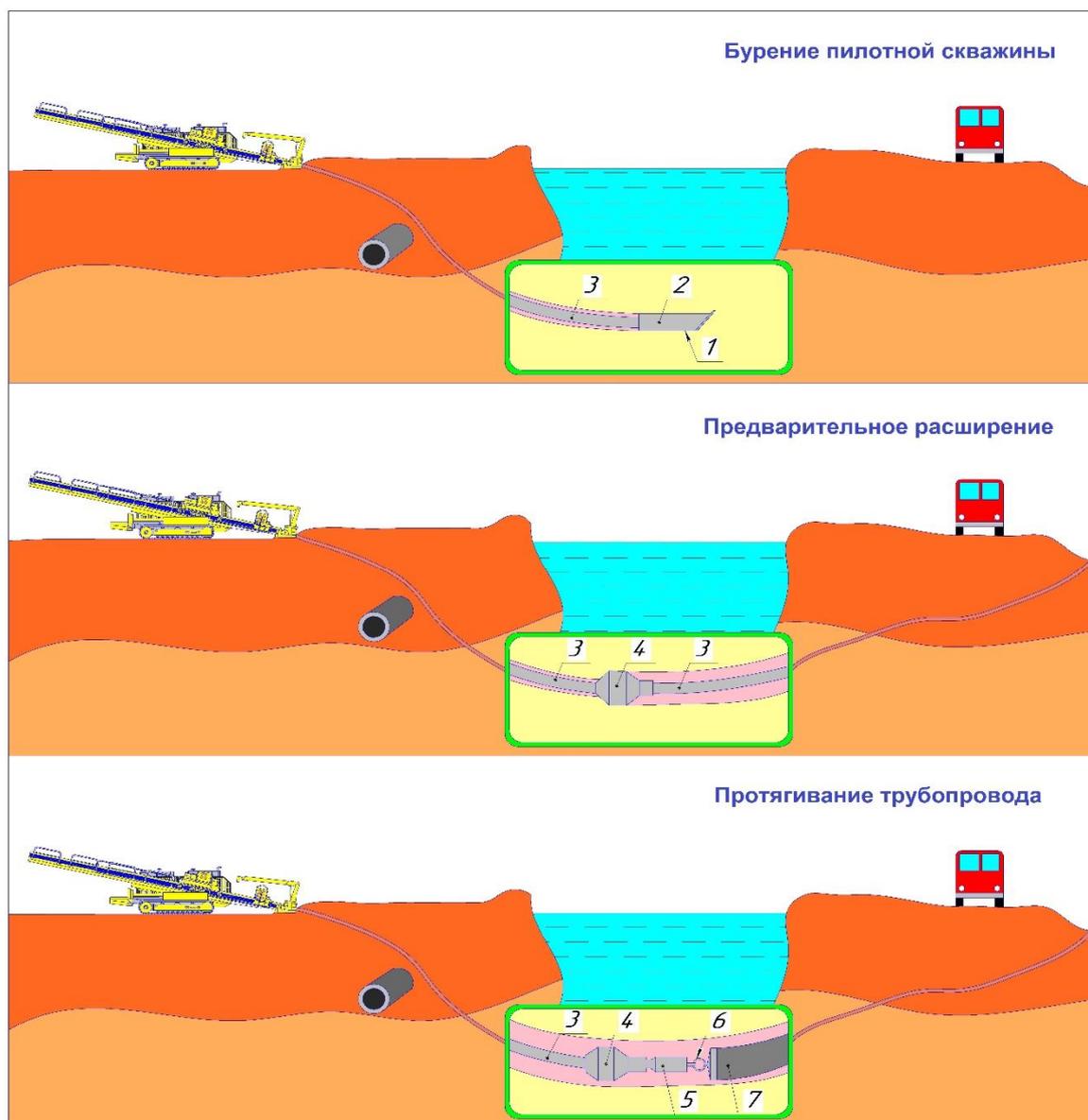
Этапы строительства

Строительство подземных коммуникаций с помощью установок ГНБ осуществляется в 3 этапа: бурение пилотной скважины, последовательное расширение скважины и протягивание готового трубопровода (Рис. 1) [2].

Бурение пилотной скважины – наиболее ответственный этап, так как от точности его выполнения зависит итоговая траектория залегания трубопровода. Для этой операции используется специальный буровой инструмент со скошенной передней частью (Рис. 2 а). Внутри инструмента установлен передатчик, позволяющий отслеживать местоположение, наклон и азимут инструмента с поверхности с помощью специальной локационной системы. Породоразрушающая головка соединена с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом и обходить выявленные на этапе подготовки подземные препятствия в любом направлении в пределах естественного изгиба рабочей плети. Внутри буровой головки и штанг имеются каналы для подачи бурового раствора. Буровой раствор стабилизирует скважину, охлаждает инструмент, снижает трение, разрушает породу, но основное его назначение – промывка скважины и вынос разрушенной породы на поверхность. При необходимости изменить траекторию бурения, вращение колонны останавливают, выставив при этом скос породоразрушающей головки в нужном положении. Затем производится задавливание буровых

свечей без вращения, тем самым изменяя траекторию бурения. Расчет геометрических параметров скважины может выполняться по методикам Сальникова А.В. [3], СП 42-101-2003 [4] и других с учетом классификаций и параметров грунтов [5]. Завершается этап выходом инструмента на поверхность в проектной точке.

Расширение скважины выполняется ступенчато и после завершения пилотного бурения. Инструмент для пилотного бурения отсоединяется от штанг, на его место закрепляют риммер обратного действия (Рис. 2 б). Прикладывая тяговое усилие одновременно с вращением, расширитель протягивается вдоль скважины разбуривая ее до размеров необходимых для протягивания готового трубопровода. На риммере помимо твердосплавных резцов имеются сопла для подачи бурового раствора, что существенно облегчает процесс бурения. Для беспрепятственного протаскивания трубы, диаметр скважины должен быть больше диаметра трубы на 25%.



1 - буровой инструмент для пилотного бурения, 2 - навигационная система, 3 - буровая штанга, 4 - расширитель, 5 - вертлюг, 6 - серьга, 7 - готовый трубопровод

Рисунок 1 – Стандартные этапы строительства по технологии ГНБ



а) Инструмент для бурения пилотной скважины
б) Расширитель

Рисунок 2 - Буровые инструменты

Протягивание готового трубопровода является последним этапом ГНБ. На противоположном от установки конце скважины располагается готовая плеть трубопровода. При большой протяженности и диаметре трубопровода используются специальные роликовые опоры, позволяющие снизить необходимое тяговое усилие для протаскивания трубы. К переднему кон-цу плети крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом и расширителем. Вертлюг вращается вместе с колонной буровых штанг и риммером не передавая вращательное движение на трубопровод. Таким образом, буровая установка затягивает готовый трубопровод по заданной траектории.

Описание места работ

Определенные грунтовые условия не позволяют применить традиционную методику строительства по технологии ГНБ. К таковым можно отнести чередование устойчивых грунтов III и IV категории [6] с рыхлыми сыпучими грунтами I и II [6] (Рис.3).

Для примера можно рассмотреть участок реки Обь вблизи города Бийск, с аналогичными геологическими параметрами.

Ширина реки в месте проведения работ составляет 900 метров, что в свою очередь уже определяет участок как сложный.

Сыпучие включения имеют большие протяженности, обойти их по низу невозможно в связи с большими экономическими и энергетическими затратами, и находятся между участками устойчивой породы.

Строительство дюкера по обычной методике невозможно. Причиной тому является невозможность процесса бурения суглинистого участка, находящегося между сыпучими, в следствие невозможности выноса разрушенной породы вместе с буровым раствором на поверхность из-за обрушения неустойчивого свода скважины.

Описание предлагаемой конструкции и организации работ

Существует разработка, наиболее близкая по конструктивному исполнению [7]. Его суть заключается в протаскивании стальных футляров, с помощью манжет и спецпробок, в заранее расширенную устойчивую скважину и перекрытии высокоабразивных участков, способных нарушить изоляционный слой трубопровода, но в случае с обрушающимися грунтами данное изобретение не позволит выполнить поставленную задачу.

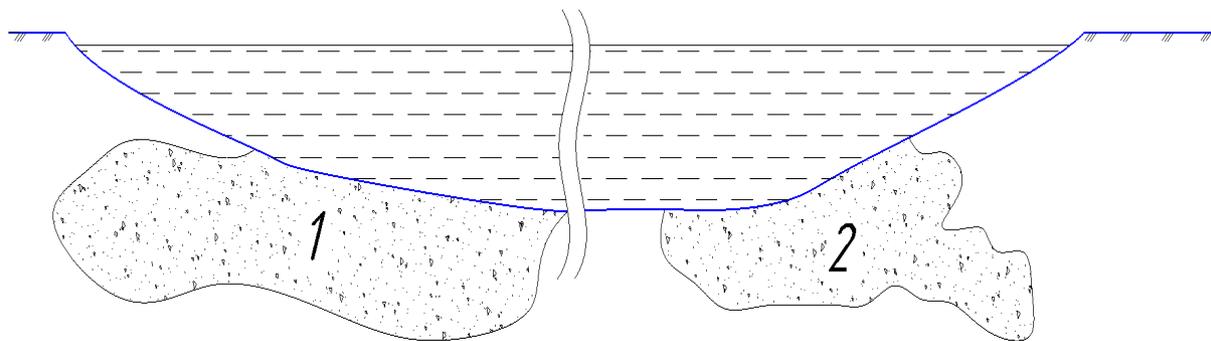


Рисунок 3 – Вертикальный разрез места строительства

Суть предлагаемого конструктивного решения показывается на примере протягивания запасной линии газопровода при переходе через реку и состоит в одновременном бурении и протягивании обсадной трубы (Рис. 4). Диаметр трубы запасной линии – 720 миллиметров.

В нашем случае обрушающиеся песчаные включения находятся между участками устойчивой породы и имеют большие протяженности. Обойти их по низу не представляется возможным в связи с большими затратами и увеличением длины перехода.

Установку горизонтально - направленного бурения располагают на ровной устойчивой площадке с заранее подготовленной опорной системой. После выставления необходимого угла наклона бурового лафета, начинают бурить пилотную скважину. На колонне буровых штанг размещается разработанное сцепное устройство для протягивания обсадной трубы (Рис. 5).

На сцепном располагается два сменных выступа, при необходимости заменяемые на более крупные, в свою очередь на обсадной трубе также имеются выступы. Благодаря данному оснащению устройство входит в зацепление с обсадной трубой и протягивает ее по траектории бурения. Выступ расположенный на трубе имеет ограничитель хода, который не дает устройству проскальзывать внутри. В близости от конца трубы устанавливается центратор. Второе сцепное устройство закрепляется вслед за первой плетью, желательнее с наименьшим отдалением от нее. Вторая обсадная труба аналогично свинчивается и подается в скважину.

После достижения отметки конца первого песчаного участка, буровую колонну останавливают. Происходит отцепление второй обсадной трубы. Буровые штанги протягивают в направлении противоположном бурению на небольшое расстояние. После чего производят их поворот на 90° и протягивают по направлению бурения, тем самым проходя через свободное пространство между выступами на обсадной трубе. Совместный поворот устройства и буровых штанг реализуется благодаря фрикционной муфте, установленной внутри устройства. Муфта имеет небольшое усилие момента поворота, 20 Н·м, что обеспечивает незначительное сопротивление при бурении, но позволяет зафиксировать конструкцию в момент свободного вращения внутри трубы. Таким образом, вторая обсадная труба отцеплена и зафиксирована на нужном участке.

Следующим действием необходимо зацепить первую обсадную колонну и протянуть ее до

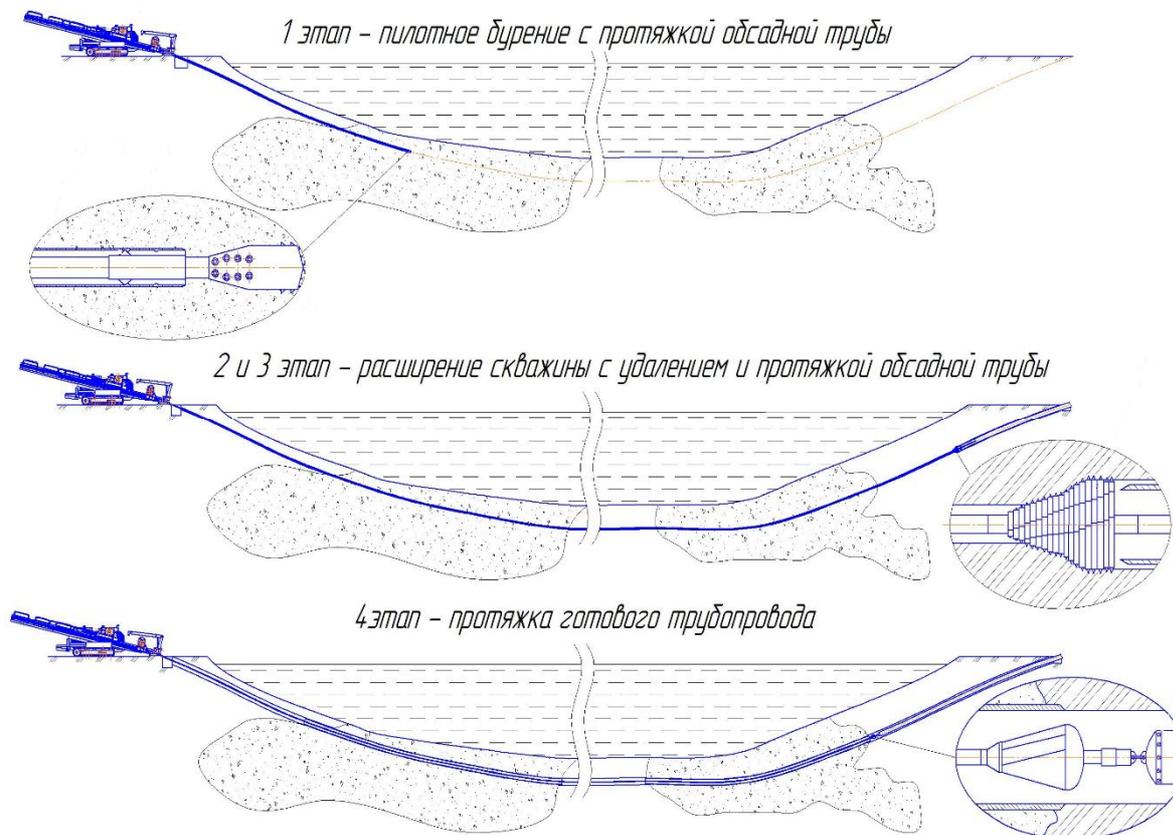


Рисунок 4 – Предлагаемая технология строительства дукера

второго песчаного участка. Выступы расположены на ней в два ряда на некотором расстоянии друг от друга. Таким образом после расцепления со второй трубой, плеть штанг продвигается на расстояние до второго выступа. Производится их поворот до ограничительного упора и бурение продолжается.

Достигнув отметки конца второго песчаного участка (Рис. 3), происходит отцепление первой обсадной трубы аналогичным со второй образом.

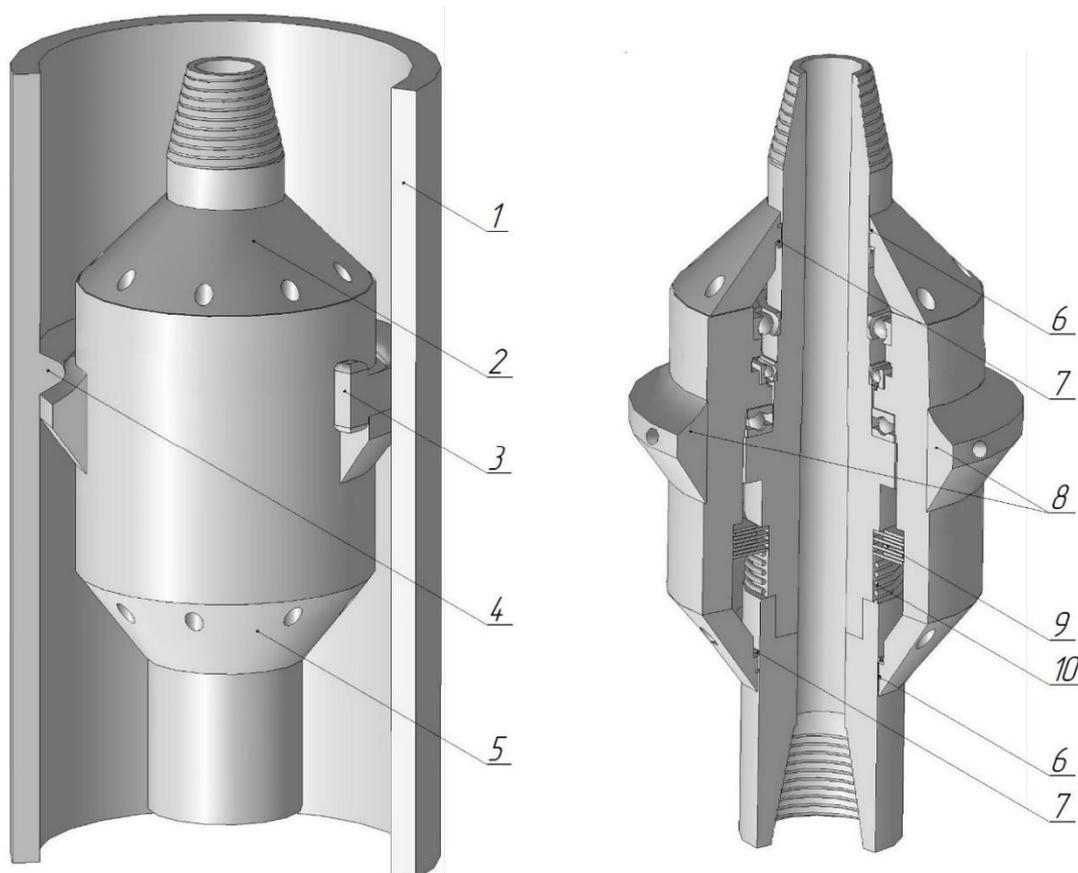
После бурения пилотной скважины таким же методом происходит ее расширение с протяжкой обсадной колонны большего диаметра. Но ко всему вышеописанному производится извлечение труб, проложенных в предыдущей операции. Реализуется это таким же образом, с применением сцепных устройств, только в обратной последовательности (Рис. 4).

При финишном расширении и протяжке последней обсадной трубы, в данном случае это диаметр 920 миллиметров, ее не вытягивают, а оставляют вдоль неустойчивых участков. Это позволяет выполнить протаскивание трубопровода в готовую устойчивую скважину (Рис. 4).

Заключение

Данное техническое оснащение позволяет расширить технические возможности установки горизонтально – направленного бурения, а также обеспечить беспрепятственную прокладку трубопровода под дном реки в сложных грунтовых условиях при чередовании устойчивых и сыпучих грунтов, избежав обрушения свода скважины, и сохранить изоляционный слой при наличии высокоабразивных включений при минимальной модернизации базовой установки горизонтально – направленного бурения и меньшей стоимости, чем в известных ранее способах.

Библиографический список



1 – обсадная труба, 2 – верхняя крышка, 3 – упор,
4 – выступ обсадной трубы, 5 – нижняя крышка,
6 – уплотнительные кольца, 7 – сальниковые уплотнения,
8 – сменный выступ сцепного устройства, 9 – фрикционные пластины,
10 – упорная пружина фрикционной муфты

Рисунок 5 – Сцепное устройство для протягивания обсадной трубы

1. Техника и технология горизонтального направленного бурения для бестраншейного строительства подземных коммуникаций в экстремальных условиях. ООО «Эс-Ай-Ви Интертрейд», г.Казань, 2003 г., 24 с.
2. Агапчев В.И. Технология бестраншейного строительства подземных трубопроводных коммуникаций / В.И. Агапчев, Р.Ф. Шамсиев // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». - 2004. - №2., 6 с.
3. Сальников, А.В. Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках Печорского бассейна: учеб. пособие / А.В. Сальников, В.П. Зорин, Р.В. Агиней. – Ухта : УГТУ, 2008. – 108 с.
4. СП 43-101-2003: Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. М.: ЗАО «Полимергаз», 2003. - введ. 08-07-03. – 295 с.: ил.
5. ГОСТ 25100- 2011. Грунты. Классификация. - введ. 01-01-13. – М: Изд-во стандартов, 2011. – 42 с.: ил.
6. Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ / Т.В. Алексеева и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 504 с.
7. Пат. 2323304 Российская Федерация. E02F 5/18 Способ протаскивания трубопровода в горизонтальной скважине под водными и другими естественными преградами / Баканов Ю. И., Сусликов С. П., Гераськин В. Г., Шабров С.Н., Кучеренко С. А., Кобелева Н. И., Васильев М. И. Опубл. 27.04.2008. Бюл.№12

THE EXPANSION OF THE TECHNICAL CAPABILITIES OF THE INSTALLATION HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING

A.S. Maksimov, D.S. Semkin

Abstract. *This article describes the complex ground conditions in which it is impossible to apply the standard method of trenchless laying of underground utilities using horizontal directional drilling. For example, the stretch of the river Ob, presented method, which allows to avoid the collapse of the arch of the borehole and without hindrance to build underpass in areas of alternating resistant and friable soils with the use of casing pipes. Shows a device for dragging casing pipes of different diameters, describes the principle of operation and layout of the mechanism.*

Keywords: *horizontal directional drilling, collapse of the arch of the borehole, complex ground conditions, the alternation of resistant and friable soils, casing pipe, device for dragging casing pipes, the construction of the underwater crossing.*

Максимов Александр Сергеевич (Россия, Омск) – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: AllMax1995@yandex.ru).

Семкин Дмитрий Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктур» ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: D.S.Semkin@yandex.ru).

Maksimov Aleksandr Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – student of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Perm, Russian Federation, e-mail: AllMax1995@yandex.ru).

Semkin Dmitry Sergeevich (Russia, Omsk) – candidate of technical Sciences, docent of the department «Technique for construction and service of oil and gas complexes and infrastructures», «The Siberian Automobile and Highway University (SibADI)». (644080, Russia, Omsk, Mira prospect 5, e-mail: D.S.Semkin@yandex.ru).

УДК 69.04

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

М.С. Абросимов

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В настоящее время все более остро стоит вопрос оценки несущей способности дорожных одежд. Становится понятно, что общий модуль упругости не всегда точно способен охарактеризовать способность слоев конструкции воспринимать нагрузку от автомобильного транспорта. В настоящей работе дана оценка несущей способности с точки зрения жесткости многослойной плиты. Рассмотрены примеры расчета жесткости конструкций различной толщины, сделан вывод о характере работы конструкции. Предложен новый показатель для оценки прочности дорожной одежды.

Ключевые слова: прочность, покрытие, дорожная одежда, модуль упругости, жесткость, упругий прогиб, чаша прогиба.

Введение

Цели и задачи. Проанализировать настоящий способ оценки несущей способности и прочности дорожных одежд, рассмотреть особенности деформирования покрытий при воздействии нагрузки, предложить новый параметр для оценки несущей способности и прочности дорожных одежд.

Процесс проектирования дорожных одежд автомобильных дорог и городских улиц состоит из двух этапов: конструирования и проверки прочности конструкции. Необходимость конструирования какого-либо элемента или изделия начинается с постановки задач, которые следует решать при проектировании.

Одним из потребительских качеств автомобильной дороги является сохранение ровности покрытия в процессе эксплуатации. Изменение ровности покрытия с течением времени тесно связано с понятием прочности дорожной одежды.

В настоящее время для оценки прочности дорожных одежд используют величину общего модуля упругости. Верхний слой покрытия или основание под покрытием устраиваются из укрепленных материалов, то есть эти слои могут изгибаться и в них могут возникать растягивающие напряжения при изгибе. Таким образом, верхний слой покрытия дорожной одежды представляет собой плиту, обладающую большими размерами в плане, но ограниченную по толщине. Эта многослойная плита лежит на упругом основании. Основание называют упругим, так как его основная задача – восстановление прогибов после снятия нагрузки от колеса автомобиля. Обязательное условие при этом, чтобы остаточные деформации не накапливались.

Под упругим прогибом дорожной конструкции понимают величину обратимого вертикального перемещения поверхности дорожного покрытия нежестких дорожных одежд от исходного положения воздействием нагрузки [5].

При определении упругого прогиба конструкции большое значение имеет диаметр чаши прогиба. Так у покрытий, в конструкцию которых входят цементобетонные слои, эта зона имеет значительно большие размеры.

Предлагаем для оценки прочности дорожных одежд использовать показатель, оценивающий не только величину упругого прогиба, но и размер чаши прогиба.

Показатель прочности дорожной одежды

Воспользуемся формулой определения общего модуля упругости дорожной конструкции:

$$E_{\text{общ}} = \frac{2pR}{l_{\text{упр}}} (1 - \mu^2), \quad (1)$$

где: p – давление колеса на покрытие;

R – радиус отпечатка колеса расчетного автомобиля;

$l_{\text{упр}}$ – упругий прогиб покрытия от воздействия расчетной нагрузки;

μ – коэффициент Пуассона материалов дорожной одежды.

В настоящее время, для определения величины упругого прогиба нежестких дорожных одежд применяются методы статического и динамического нагружения. Статический метод нагружения рекомендован в переходный период, когда прочность дорожной одежды минимальна.

При расчете конструкций на воздействие внешних нагрузок в качестве характеристики этой конструкции используют показатель жесткости. Этот показатель определяет, какие деформации возникнут в конструкции при приложении нагрузки. Так при испытаниях дорожных одежд используются расчетные нагрузки Q величиной 50 и 57,5 кН, то при полученном при измерениях прогибе дорожной одежды можно определить жесткость дорожной одежды:

$$C = \frac{Q}{l_{упр}}. \quad (2)$$

В формуле (1) p представляет отношение нагрузки на колесо Q к площади отпечатка колеса F :

$$F = \frac{\pi D^2}{4}. \quad (3)$$

Подставим формулы (2) и (3) в формулу (1):

$$E_{общ} = \frac{4QD}{l_{упр}\pi D^2}(1-\mu^2) = \frac{Q}{l_{упр}} \cdot \frac{4}{\pi D}(1-\mu^2) = C\delta. \quad (4)$$

45

В правой части имеем выражение, представляющее жесткость дорожной одежды C , умноженную на коэффициент δ , который равен

$$\delta = \frac{4}{\pi D}(1-\mu^2). \quad (5)$$

Коэффициент δ зависит только от диаметра отпечатка колеса расчетного автомобиля, поэтому в качестве прочностного показателя дорожной одежды можно использовать величину ее жесткости:

$$C = \frac{E_{общ}}{\delta} = \frac{E_{общ}\pi D}{4(1-\mu^2)}. \quad (6)$$

В качестве модели грунтового основания дорожной одежды в расчетный период, примем коэффициент постели. Для примера, грунтовое основание представлено суглинком тяжелым, дорожно-климатическая зона III, тип местности по увлажнению 2. Коэффициент постели принимает значение 5 кг/см^3 (49 МН/м^3), а модуль упругости – 240 кг/см^3 (24 МПа). Эта модель используется при проектировании аэродромных покрытий и расчете плит на упругом основании.

Также, важно назначить расчетную температуру асфальтобетона. Под расчетной температурой асфальтобетона следует понимать максимальную температуру покрытия в период года, когда несущая способность грунтового основания наименьшая. При отсутствии данных наблюдений за температурой покрытия в указанный период, расчетную температуру асфальтобетона допускается принимать во II дорожно-климатической зоне плюс 10°C , в III зоне плюс 15°C , в IV зоне плюс 20°C , в V зоне плюс 30°C [2].

В нашем случае, при расчетной температуре плюс 15°C модуль упругости асфальтобетона составляет 1250 МПа .

Жесткость плиты можно определить по формуле

$$B = 0,085E_a b h^3, \quad (7)$$

где: E_a – модуль упругости асфальтобетона;
 b – единичная ширина покрытия, м;
 h – толщина покрытия, м.

Для расчета примем несколько значений толщины покрытия: 0,12, 0,14, 0,16, 0,18 и 0,20 м. Вычислим жесткость плиты:

$$B_{0,12} = 0,184 \text{ МПа} \cdot \text{м}^4.$$

$$B_{0,14} = 0,292 \text{ МПа} \cdot \text{м}^4.$$

$$B_{0,16} = 0,435 \text{ МПа} \cdot \text{м}^4.$$

$$B_{0,18} = 0,620 \text{ МПа} \cdot \text{м}^4.$$

$$B_{0,20} = 0,850 \text{ МПа} \cdot \text{м}^4.$$

Весной, когда наступает расчетный период дорожной одежды, грунт земляного полотна под дорожной одеждой оттаивает на глубину 50 – 60 см, прогибы имеют максимальное значение и несущая способность дорожной одежды минимальна. Коэффициент постели может быть найден по модулю упругости основания. По [2], при толщине сжимаемого слоя менее $0,5b$ значения коэффициента постели можно определить исходя из выражения

$$K = \frac{E_o}{(1 - \mu_o^2)H}, \quad (8)$$

где: E_o – модуль упругости основания;
 H – толщина сжимаемого слоя, применительно для дорожных одежд капитального типа 1 м;

μ – коэффициент Пуассона материала основания, $\mu = 0,35$.

Для нежестких дорожных одежд [4], $E_o = 126 \text{ МПа}$.

$$K = 143,6 \text{ МН/м}^3.$$

Упругая характеристика плиты рассчитывается по формуле

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{bK}}. \quad (9)$$

Вычислим значения упругой характеристики плиты для принятой толщины:

$$l_{0,12} = 0,189 \text{ м}.$$

$$l_{0,14} = 0,212 \text{ м}.$$

$$l_{0,16} = 0,235 \text{ м}.$$

$$l_{0,18} = 0,256 \text{ м}.$$

$$l_{0,20} = 0,278 \text{ м}.$$

Как следует из приводимых таблиц Б.В. Дидова [2], при расстоянии от центра загрузки, равном $4l$, упругий прогиб равен 0, т.е. упругий прогиб распространяется на это расстояние.

Конструктивной характеристикой изгибаемых элементов служит отношение прогиба w к длине пролета $2L$:

$$f = \frac{w}{2L}. \quad (10)$$

Для приведенных плит имеем значения L :

$$L_{0,12} = 0,756 \text{ м}.$$

$$\begin{aligned}L_{0,14} &= 0,848 \text{ м.} \\L_{0,16} &= 0,940 \text{ м.} \\L_{0,18} &= 1,024 \text{ м.} \\L_{0,20} &= 1,110 \text{ м.}\end{aligned}$$

Прогиб покрытия под центром нагрузки можно определить по формуле

$$w = \frac{0,125QL^2}{B}. \quad (11)$$

$$\begin{aligned}w_{0,12} &= 0,00139 \text{ м.} \\w_{0,14} &= 0,00111 \text{ м.} \\w_{0,16} &= 0,00092 \text{ м.} \\w_{0,18} &= 0,00077 \text{ м.} \\w_{0,20} &= 0,00063 \text{ м.}\end{aligned}$$

По формуле (2) определим жесткость плиты:

$$\begin{aligned}C_{0,12} &= 41,37 \text{ МН/м.} \\C_{0,14} &= 50,88 \text{ МН/м.} \\C_{0,16} &= 62,5 \text{ МН/м.} \\C_{0,18} &= 74,68 \text{ МН/м.} \\C_{0,20} &= 91,27 \text{ МН/м.}\end{aligned}$$

При деформировании плиты внешней силовой нагрузкой образуется объемная деформация покрытия. Этот объем найдем как объем шарового сегмента, равного произведению площади чаши прогиба на $2/3$ ординаты деформирования:

$$V = \frac{2\pi wL^2}{3}. \quad (12)$$

Вычислим объемы деформирования при различной толщине плиты:

$$\begin{aligned}V_{0,12} &= 0,00681 \text{ м}^3. \\V_{0,14} &= 0,00685 \text{ м}^3. \\V_{0,16} &= 0,0069 \text{ м}^3. \\V_{0,18} &= 0,00687 \text{ м}^3. \\V_{0,20} &= 0,0066 \text{ м}^3.\end{aligned}$$

Как видно из полученных результатов, объем полученной деформации покрытия при нагружении колесом автомобиля остается неизменным не зависимо от толщины плиты (покрытия). То есть объем образующейся чаши прогиба покрытия, при равных грунтовых основаниях, определяется действующей нагрузкой, поскольку объем определяется затраченной энергией или произведенной работой при нагружении дорожной одежды. Затраченная энергия на деформирование обусловлена работой основания дорожной одежды. Наличие слоев покрытия и их толщина определяют размеры зоны деформирования в плане и величину вертикальной деформации.

В качестве прочностной характеристики дорожной одежды предлагаем использовать показатель, показывающий отношение размера чаши прогиба к вертикальной деформации покрытия:

$$\lambda = \frac{L}{w}. \quad (13)$$

Выполним расчет по формуле (13):

$$\begin{aligned}\lambda_{0,12} &= 543.88. \\ \lambda_{0,14} &= 763.96.\end{aligned}$$

$\lambda_{0,16} = 1021.74.$
 $\lambda_{0,18} = 1329.87.$
 $\lambda_{0,20} = 1761.91.$

Заключение

Таким образом, общий модуль упругости не отражает всех особенностей работы дорожных одежд, учитывая вертикальные деформации при приложении нагрузки. Не маловажное значение имеет также жесткость, которую обеспечивают слои конструкции.

Библиографический список

1. Руководство по проектированию аэродромных покрытий / Государственный проектно-исследовательский и научно-исследовательский институт. – М.: Аэропроект, 1983. – 129 с.
2. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 626 с.
3. Методические указания по проектированию жестких дорожных одежд автомобильных дорог по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» / сост.: А.Г. Малофеев, И.А. Малофеева. – Омск: Изд-во СИБАДИ, 2008. – 56 с.
4. МОН 2.2001. Проектирование нежестких дорожных одежд: Утв. Межправительственный совет дорожников 15.12.2000: Введ. в действие 15.04.2001. – М.: СоюздорНИИ, 2002. – 160 с.
5. ГОСТ 32729-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности: Утв. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации 25.06.2014: Введ. в действие 01.02.2015. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
6. Вайнберг Д.В. Расчет пластин / Д.В. Вайнберг, Е.Д. Вайнберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: «Будівельник», 1970. – 437 с.
7. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений: Утв. Министерство регионального развития Российской Федерации 28.12.2010: Введ. в действие 20.05.2011. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 166 с.
8. Смирнов А.В. Динамическая устойчивость и расчет дорожных конструкций / А.В. Смирнов, С.К. Иллиополов, А.С. Александров; под ред. А.В. Смирнов. – Омск: Изд-во СИБАДИ, 2003. – 54 с.
9. Глушков Г.И. Изыскания и проектирование аэродромов / Г.И. Глушков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Транспорт», 1992. – 465 с.
10. Иванов Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Н.Н. Иванов. – М.: «Транспорт», 1973. – 328 с.

STUDY OF CARRIED CAPACITY OF ROAD CLOTHES

M.S. Abrosimov

Abstract. At present, the issue of assessing the bearing capacity of road clothes is becoming more acute. It becomes clear that the general modulus of elasticity is not always exactly capable of characterizing the ability of structural layers to perceive the load from road transport. In this paper, we estimate the load-bearing capacity from the viewpoint of the stiffness of a multilayer slab. Examples of calculating the rigidity of structures of various thicknesses are considered, a conclusion is made about the nature of the design. A new indicator is proposed for assessing the strength of pavement.

Key words: strength, coating, pavement, modulus of elasticity, rigidity, elastic deflection, bowl of deflection.

Абросимов Максим Сергеевич (Россия, Омск) – магистрант кафедры Проектирование дорог ФГБОУВО Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (644076, г. Омск, ул. 75 Гвардейской бригады, 2, e-mail: max.abrosimov94@yandex.ru).

Abrosimov Maxim Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – Master student of Department roads design, Siberian state automobile and highway academy (644076, Omsk, 75 Gvardejskojbrigadyst 2, e-mail: max.abrosimov94@yandex.ru).

УДК 625.71.8

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ НА ДОРОГЕ М7 «ВОЛГА»

Е.Н. Алькаев

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматривается участок автомобильной дороги М-7 «Волга», проходящей по территории Ядринского района, расположенного в северо-западной части Чувашии, включающий реконструкцию водопропускного сооружения при пересечении с р. Унга. В данной работе проведён анализ соответствия реально выполняемых при реконструкции строительных работ имеющейся проектно-технической документации. Выявлены серьёзные ошибки при реконструкции водопропускного сооружения. Приведено гидравлическое обоснование расположения прямоугольной водопропускной трубы.

Ключевые слова: реконструкция автомобильной дороги, водопропускные сооружения, гидравлически невыгоднейшее сечение.

Введение

Для пропуска воды на пересечении дороги с водотоком устраивают различные водопропускные сооружения. Согласно СП 34.1330.2012 [1], на автомобильных дорогах мосты и трубы следует возводить в соответствии с требованиями СП 35.1330.2011 [2].

На участке автомобильной дороги М7 «Волга» выполнялись работы по реконструкции водопропускного сооружения. Водопропускное сооружение было представлено железобетонной трубой двухочкового прямоугольного сечения с размерами 2х4 м. на входе и одноочкового прямоугольного сечения с размерами 2х4 м. на выходе. Длина трубы 33,50 м. Труба в неудовлетворительном состоянии, открылки разрушены, лотки отсутствуют, укреплений нет. Новая водопропускная железобетонная труба имела постоянное сечение по всей длине 4х2 м. и длину 70,16 м.

Меня заинтересовали данные конструктивно-технологические решения на данном участке. А именно технологическая последовательность реконструкции данного участка и обоснованность замены водопропускной трубы.

Реконструкция водопропускной трубы на участке автомобильной дороги

Реконструкция автомобильной дороги выполняется с целью повышения ее транспортно-эксплуатационных показателей с переводом дороги в целом или отдельных участков в более высокую категорию. Работы по реконструкции могут включать уширение земляного полотна и проезжей части, усиление конструкции дорожных одежд, уширение или замену мостовых переходов и водопропускных сооружений и т.д.

Водопропускная труба – это инженерное сооружение, укладываемое в теле насыпи автомобильной дороги для пропуска водного потока [3].

Водопропускная труба является элементом реконструкции участка 596+493 – 596+504 км. автомобильной дороги М-7 «Волга», проходящей по территории Ядринского района, расположенного в северо-западной части Чувашии, которая относится к III дорожно-климатической зоне с умеренными климатическими условиями для дорожного строительства.

Климат района умеренно континентальный. В год выпадает в среднем 513 мм осадков, причём 70 % общего их количества приходится на летние месяцы. Устойчивый снежный покров сохраняется 145 - 155 дней, устанавливаясь приблизительно с 19 ноября, средняя высота его составляет 0,6 м, а в многоснежные зимы 0,74 м.

Район реконструкции находится в лесостепной зоне. Основные леса расположены в западной и северной частях района. На месте сведённых лесов расположены сельскохозяйственные угодья. Гидрогеологические условия дороги характеризуются наличием единого безнапорного водоносного горизонта, приуроченного к четвертичным отложениям. Подземные воды с водораздела разгружаются в долинах рек Унга и Орбашка в виде мочажин и заболоченностей и взаимосвязаны с поверхностными водами.

В существующих условиях на участке дороги М-7 км 588+000 – км 601+000 расположено 9 водопропускных сооружений, одно из которых пересекает постоянный водоток р. Унга (рис. 1).

Длина реки 11 км, истоком служит болото. Анализируя данные инженерных изысканий по рекомендациям [4], можно сказать, что питание реки смешанное: основное – грунтовое, в период весеннего половодья – сток талых вод, который добавляется дождевыми водами, на которые приходится большее количество выпадающих осадков.



Рисунок 1 – Ситуационный план автомобильной дороги М-7 на участке пересечения с рекой Унга

В связи с переводом дороги из II технической категории в I-б изменяется план, продольные и поперечные профили трассы. А именно увеличение высоты насыпи (увеличения радиусов кривых в продольном профиле), смещение оси трассы в плане (увеличение радиусов в плане), уширение земляного полотна и изменение поперечных уклонов (изменение геометрических характеристик дороги).

Увеличение отметки продольного профиля проектируемой оси трассы, вызывает необходимость значительного удлинения существующих труб или их замены. В данном проекте представлено следующее обоснование замены существующей трубы на пересечении с рекой Унга:

- 1) неудовлетворительное состояние трубы;
- 2) исходя из рельефа местности, невозможно обеспечить единый продольный уклон по дну трубы при ее удлинении, что приведет к их неминуемому заиливанию и застою воды;
- 3) существующие продольные уклоны по дну трубы не позволяют обеспечивать своевременный пропуск паводковых вод, вследствие чего у входных и выходных оголовков происходит застой воды, и образовались заболоченные участки.

Из данного обоснования мы не согласны со вторым пунктом. Почему нельзя обеспечить единый продольным уклон при удлинении, а можно построить новую с единым продольным уклоном на этом же месте, остается вопросом.

Я считаю что к этому обоснованию следует добавить следующий пункт. Существующая водопропускная труба имела сложную конструкцию: на входе она была двухчочковой, затем уменьшалась в горизонтальном сечении и на выходе имела одно отверстие (рис. 2), так же она имела следующие размеры 4 метра в высоту и 2 метра в ширину. Из за этих особенностей пропускная способность при определенном уровне воды будет меньше, чем при запроектированной двухчочковой трубе с постоянным сечением 2,5х4,0 м.



Рисунок 2 – Участок сопряжения двухочковой водопропускной трубы с одноочковой

Проектом предусматривалась **полная разборка существующей трубы** с заменой ее на новую (табл. 1).

Таблица 1 – Ведомость проектируемых искусственных сооружений

Местоположение ПК +	Название водотока	Трубы			
		Род, материал	Длина, пм	Отверстие трубы в свету, м	Количество отверстий, отметки
85+19	р. Унга	Труба, железобетонная	70,16	4,0x2,5	2, Вх. 34,80 Вых.36,40

В пояснительной записке рассматривается вариант смещения русла р. Унга для пропуска вод через новое искусственное сооружение, что имеет место на плане (рис. 3) с указанием **водоподводящего русла и засыпки существующего русла реки**. Подробно не проработан вопрос о временном пропуске воды на период строительства. А что самое главное не проработан план организации движения во время строительства данного участка. Так как временная дорога была построена близко к оси проектируемой дороги, насыпь и водопропускная труба были построены не на всю ширину. Для окончательного строительства необходимо было разрушать или засыпать временную дорогу, но транспортный поток можно пусть только по недостроенной, с левой стороны по основному направлению трассы, двенадцати метровой насыпи. Так же возможно перекрыть данную дорогу на время строительства оставшейся части земляного полотна. Но учитывая отсутствие дублирующих дорог, большую интенсивность и состав потока (более 50% грузовых автомобилей) это является достаточно затруднительным.

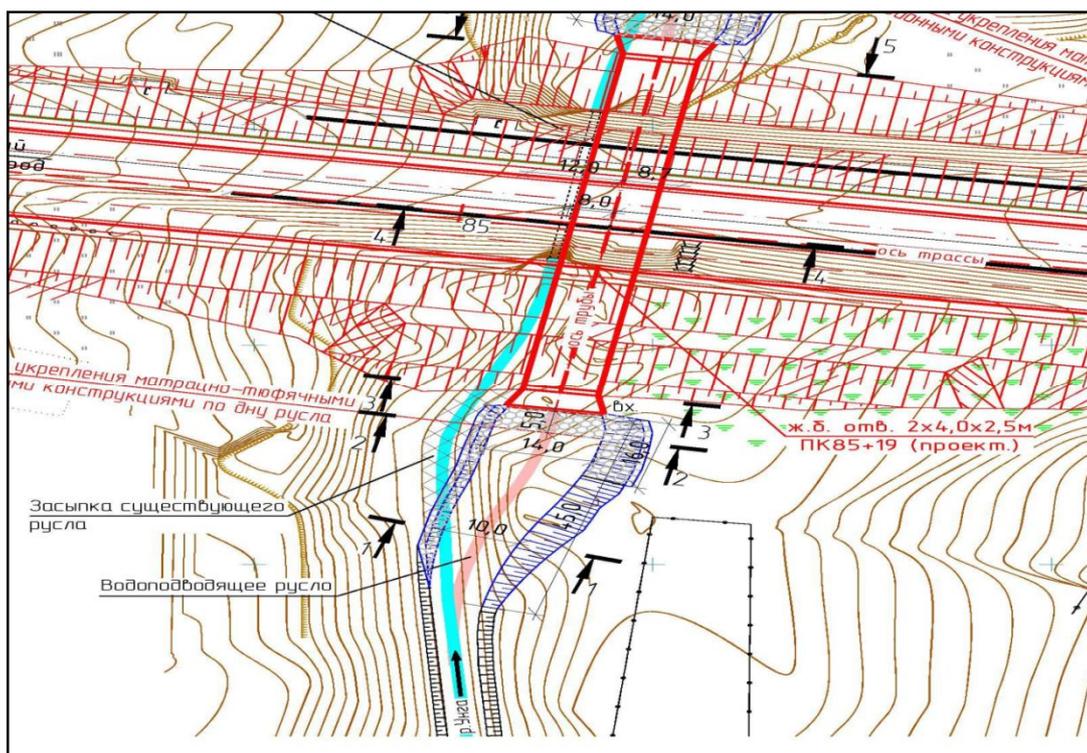


Рисунок 3 – План автомобильной дороги на участке пересечения с рекой Унга

Кроме проектных ошибок, имели место **серьёзные ошибки при сооружении** насыпи над водопропускной трубой:

- для временного сброса воды из р. Унга использовались металлические трубы разного диаметра, которые при сопряжении допускали утечку воды, что способствовало переувлажнению грунтов основания вновь отсыпанной насыпи (рис. 2). В результате чего стали возможные не равномерные осадки земляного полотна;

- существующие старые трубы не были полностью разобраны и не были извлечены из тела насыпи (рис. 2). В результате образовались узкие пазухи, в которых грунт отсыпали послойно (слои 0,6-0,8 м) и уплотняли виброплитой. В результате чего грунт оставался недоуплотненным.

Меня заинтересовал ещё один вопрос, связанный с расположением прямоугольной водопропускной трубы: в старом варианте поперечное сечение трубы имело наибольший размер по вертикали (рис. 4), а в проекте реконструкции – по горизонтали. Обоснования изменений в пояснительной записке мы не нашли, а смена положения указана на чертежах и зафиксирована в период реконструкции.

Согласно СП [2], число и размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока следует определять на основе гидравлических расчетов. При назначении отверстия трубы основной гидравлической характеристикой является расход Q , м³/с. Поперечное сечение сооружения принимается из расчёта наибольшей пропускной способности. Такому сечению соответствует гидравлически наивыгоднейший профиль (ГНП) [5], который характеризуется минимальным значением смоченного периметра χ , м.

Выясним, какое из сечений имеет наибольшую пропускную способность, рассчитав смоченный периметр для прямоугольных сечений размерами 2,5×4,0 и 4,0×2,5.

Если считать отверстие полностью заполненным водой, то

$$\chi = 2(b + h),$$

где b – ширина отверстия, м;
 h – высота отверстия, м.

В этом случае смоченный периметр не зависит от положения прямоугольного сечения.

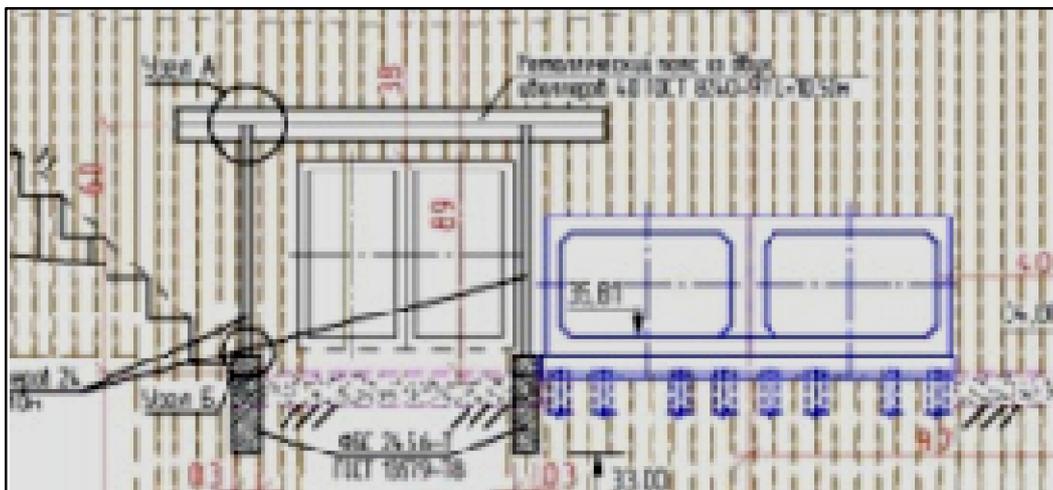


Рисунок 4 – Фрагмент рабочего чертежа

При протекании воды по водопропускной трубе, работающей как водослив с широким порогом, устанавливается глубина близкая к величине, равной $\frac{2}{3}h$. Тогда

$$\chi = b + 2 \cdot \frac{2}{3}h.$$

1) вариант с большим размером по вертикали:

$$\chi_h = 2,5 + 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 = 7,83 \text{ м.}$$

2) вариант с большим размером по горизонтали:

$$\chi_b = 4 + 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2,5 = 7,33 \text{ м.}$$

Таким образом, решение расположить прямоугольную трубу большим размером по горизонтали можно считать гидравлически обоснованным, т.к. смоченный периметр в этом случае меньше, а, следовательно, пропускная способность больше.

Заключение

Опираясь на результаты инженерных изысканий по данному участку автомобильной дороги, выполнив сбор дополнительных гидрометеорологических данных, можно утверждать, что предложенное проектное решение при реконструкции водопроводящего сооружения является гидравлически грамотным. К сожалению, в проекте детально не проработаны многие конструктивные вопросы, что привело к отклонениям при выполнении строительных работ. Насколько новая конструкция насыпи с включениями остатков старого водопроводящего сооружения окажется надёжной в эксплуатации покажет время.

Библиографический список

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85* [Электрон. ресурс]. – Введ. 2013–07–01 // СПС «Гарант-Максимум».
2. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84* [Электрон. ресурс]. – Введ. 2011–05–20 // СПС «Гарант-Максимум».
3. ГОСТ 32871-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные. Технические требования. – Введ. 2015–07–01 // СПС «Гарант-Максимум».

4. Инженерно-гидрометеорологические изыскания. Учебная гидрологическая практика [Текст] : учебно-методическое пособие [направление 270800 «Строительство»] / сост.: Т. П. Троян, О. В. Якименко. – Омск : СибАДИ, 2012. – 82 с.

5. [Троян Т. П.](#) Гидравлика для проектирования дорог [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы : [направление "Строительство"] / Т. П. Троян, О. В. Якименко, Е. В. Иванов. – Омск : СибАДИ, 2015. – 74 с. – Режим доступа : <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD42.pdf>.

ANALYSIS OF DESIGN-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AT THE RECONSTRUCTION OF CULVERTS ON THE HIGHWAY M7 "VOLGA"

E.N. Alkaev

Abstract. *The article examines the section of the M-7 "Volga" highway, passing through the territory of the Yadrinsky district, located in the north-western part of Chuvashia, including the reconstruction of culverts at the intersection with the river Unga. In this paper, the analysis of the correspondence of the actual design documentation actually performed during the reconstruction of the construction work is carried out. Serious errors were discovered during the reconstruction of the culvert. The hydraulic substantiation of the location of the reconstruction culvert.*

Keywords: *reconstruction of the highway, culverts, best hydraulic shape.*

Алькаев Евгений Николаевич (Россия, г. Омск) – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: alkaev_70@mail.ru).

Alkaev Evgeniy Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – student of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: alkaev_70@mail.ru).

УДК 691.327.33

54

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕНОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Т.В. Кривальцевич, Е.В. Гурова

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Россия, г. Омск

Аннотация. *Проведено исследование физико-механических свойств пенобетона с использованием метода планирования эксперимента. По полученным математическим моделям построены графические зависимости плотности и прочности от факторов варьирования – водоцементного отношения и количества пенообразователя. С помощью метода математического планирования эксперимента можно подобрать оптимальный состав пенобетона с улучшенными физико-механическими свойствами.*

Ключевые слова: *теплоизоляционный неавтоклавный пенобетон, портландцемент, математическое планирование эксперимента, уравнение регрессии.*

Введение

Для выполнения требований по теплозащите строительных конструкций используют различные теплоизоляционные материалы. Одним из эффективных теплоизоляционных материалов считается пенобетон неавтоклавного твердения. У пенобетона закрытая пористая структура, благодаря которой он практически не впитывает влагу, поэтому имеет низкую теплопроводность. Пенобетон является экологически чистым материалом, так как регулирует благоприятный климат помещений. Способность пенобетона поглощать низкие шумовые частоты дает возможность использовать его в качестве звукоизоляционного слоя на плитах перекрытий в многоэтажных жилых или административных зданиях. Неавтоклавный пенобетон является так же экономически выгодным, так как характеризуется сравнительно малыми затратами на производство. [1, 2].

Несмотря на все перечисленные достоинства и простоту изготовления пенобетона в технологии его производства возникают некоторые проблемы: на ранней стадии изготовления в пенобетонной массе происходит проседание и разрушение, вследствие этого линейные размеры пенобетонных изделий уменьшаются; набор прочности замедляется на 20 – 30%; наблюдается неоднородность материала по свойствам, тем самым снижается его прочность. Основной проблемой получения эффективного теплоизоляционного пенобетона, при высокой пористости данного материала, обеспечить стабильную ячеистую структуру [3].

Обработка результатов с использованием метода математического планирования эксперимента

Пенобетонная смесь является трехкомпонентной системой, в которой, происходит взаимодействие цемента с водой, а также с пенообразователем.

В теплоизоляционном пенобетоне основным проводником тепла является цементная матрица, поэтому необходимо стремиться к получению материала с тонкими межпоровыми перегородками при условии обеспечения необходимой прочности получаемого пеноцементного камня.

Анализ литературных источников, посвященных исследованиям технологии получения пенобетона, позволил установить, что важную роль в составе пенобетона играет пенообразователь, который отвечает за образование ячеистой структуры бетона и, во многом определяет его физико-механические свойства, а так же должен обеспечивать оптимальные технологические параметры и строительно-технические свойства пенобетонных изделий [4].

Кроме пенообразователя, большое влияние на физико-механические свойства пенобетона оказывает водоцементное отношение. Избыточное количество воды затвердения изменяет геометрию пористости каркаса и снижает прочность межпоровых перегородок, что приводит к снижению прочности материала. Поэтому пенобетонная смесь должна иметь такое В/Ц, при котором ее текучесть не будет затруднять образование оптимальной пористой структуры.

Для установления закономерностей влияния свойств вяжущего на характеристики пенобетона рассмотрим некоторые особенности применения цемента при получении пенобетонов.

С точки зрения влияния отдельных факторов на свойства пенобетона в процессе изменения его структуры и при эксплуатации удобно выделить три периода:

1. отрезок времени, когда материал находится в псевдожидком состоянии, т.е. период существования пеноцементной смеси, образованной простыми структурами – пенной пленкой, припленочным слоем и подвижным цементным раствором в межпоровом пространстве;

2. период постепенного упрочнения структуры затвердевшего материала, т.е. период схватывания и твердения пенобетона;

3. период эксплуатации или испытания (адаптации к окружающей среде), во время которого материал подвергается воздействию ряда факторов и может быть даже разрушен.

Во всех периодах определяющая роль в свойствах и поведении пенобетона принадлежит пенообразователю и цементу: на первом этапе – цементному тесту, последующих – цементному камню [5].

Для получения оптимальной пористой структуры необходимо подобрать такой состав пенобетонной смеси, при которой требуемые проектные характеристики достигаются при наименьшем расходе вяжущего, пенообразователя и воды с одновременным обеспечением наибольшей однородности свойств пенобетона.

Целью данной работы являлось определение влияния состава пенобетонной смеси на физико-механические свойства пенобетона, а также получение оптимального состава теплоизоляционного пенобетона необходимой плотности с улучшенными показателями прочностных характеристик.

Задача оптимизации решается в два этапа с помощью метода математического планирования эксперимента. На первом этапе применяется линейная модель поверхности отклика, чтобы осуществить поиск области оптимума, на втором этапе используется степенной ряд, содержащий члены первого порядка, для описания оптимальной области.

Для проведения эксперимента использовали портландцемент Цем I 42,5 Н ГОСТ 31108-2003 (ОАО «Сухоложскцемент»), обладающий повышенной стойкостью к агрессивным средам, иртышский речной песок ($M_k = 1,73$), синтетический пенообразователь ПБ-2000 (ОАО «Ивхимпром»), воду водопроводную. Портландцемент перед использованием подвергался дополнительной активации до удельной поверхности $S_y = 4600 \text{ см}^2/\text{г}$ в шаровой планетарной

мельнице марки АИР – 0.015, с целью повышения прочности вяжущего, так как данный цемент имел низкие показатели активности.

Пенобетонную смесь готовили по классической технологии в лабораторных условиях. До испытания образцы-кубы набирали прочность в течение 28 суток в нормально-влажностных условиях при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Разрушающую нагрузку на образцы фиксировали на гидравлическом прессе марки ПСУ-10. Предельная нагрузка прессы 10 тс (100 кН), погрешность измерения $\pm 2\%$.

Состав пенобетонной смеси подбирался с применением метода математического планирования эксперимента. Результаты предыдущих исследований показали, что наиболее тесную связь с прочностью пенобетона имеет В/Ц отношение и расход пенообразователя. Поэтому в качестве результативного признака выбраны плотность и предел прочности при осевом сжатии пенобетона. Варьируемыми факторами приняты: В/Ц отношение и расход пенообразователя (таблица 1).

Таблица 1 – Выбор уровня факторов, кодирование и интервалы их варьирования

Факторы	Кодированное значение	Уровни факторов			Интервал варьирования
		- 1	0	+ 1	
Водоцементное отношение (В/Ц)	x_1	0,33	0,355	0,38	0,025
Пенообразователь (ПО), %	x_2	2	3	4	1

Для оценки влияния указанных факторов и математического описания процесса используем модель первого порядка

$$\tilde{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2. \quad (1)$$

Для определения прочностных характеристик пенобетона планируется провести три параллельных опыта в каждой строке матрицы полного факторного эксперимента (ПФЭ), всего 12. Для исключения систематической погрешности, которая может быть вызвана внешними условиями, применялся метод рандомизации опытов [6].

Матрица планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ) 2^2 с учетом взаимодействия факторов и результаты испытаний по определению физико-механических свойств пенобетона представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№ опыта	№ образца	Матрица планирования		Рабочая матрица		Результаты эксперимента			S^2_i	$(y_i - \tilde{y}_i)^2$
		X_1	X_2	В/Ц x_1	ПО, % x_2	R сж, МПа y_i	\bar{y}_i	\tilde{y}_i		
1	1	-	-	0,33	2	0,29	0,337	0,284	0,0052	0,003
	0,30									
	0,42									
2	4	+	-	0,38	2	0,42	0,523	0,577	0,0122	0,003
	0,51									
	0,64									
3	7	-	+	0,33	4	0,54	0,597	0,651	0,0044	0,003
	0,67									
	0,58									
4	10	+	+	0,38	4	0,87	0,997	0,944	0,0444	0,003
	1,24									
	0,88									

Статистическая обработка результатов эксперимента, определение коэффициентов уравнений регрессии, построение графиков, производилась с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и wxMaxima.

С помощью G-критерия Кохрена определили дисперсию параллельных опытов. Расчетное значение критерия меньше табличного, что подтверждает нормальный закон распределения ошибок отдельных опытов, следовательно, дисперсия параллельных опытов однородна [7].

Оценка значимости коэффициентов проводилась с помощью критерия Стьюдента. На основании данной проверки статистически незначимые коэффициенты были исключены из уравнения регрессии без пересчета значимых коэффициентов. Таким образом, уравнение регрессии факторов имеет следующий вид:

$$\tilde{y} = 0,6135 + 0,1465x_1 + 0,1835x_2 \quad (2)$$

Анализ уравнения регрессии (2) показывает, что на прочность пенобетона в равной степени влияют оба фактора x_1 (В/Ц отношение) и x_2 (концентрация пенообразователя).

Проверка адекватности полученной математической модели по результатам эксперимента с помощью F-критерия Фишера показала, что уравнение регрессии адекватно описывает функцию отклика, так как расчетное значение, равное 2,071 меньше табличного равного 5,318.

По полученной модели можно подбирать состав пенобетона необходимой прочности. Для этого в уравнении (2) необходимо перейти от кодированных факторов к натуральным величинам, тогда уравнение регрессии (2) принимает вид

$$R_{сж} = -2,0165 + 5,86 \cdot B / Ц + 0,1835 \cdot ПО \quad (3)$$

На основании результата расчетов с помощью математической модели построена графическая зависимость предела прочности при осевом сжатии пенобетона от факторов варьирования (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что при В/Ц отношении 0,33 и количестве пенообразователя 2% прочность равна 0,2-0,3 МПа, тогда как при В/Ц отношении 0,38 с тем же количеством пенообразователя, прочность повышается до 0,6-0,7 МПа. Данная прочность соответствует классу бетона В0,5 и марке ячеистого бетона по плотности D400 согласно ГОСТ 25485-89 [8]. Если увеличить количество пенообразователя до 4%, то прочность возрастает до 0,9-1 МПа, что соответствует марке пенобетона по плотности D500. Из этого следует, что с увеличением В/Ц отношения и количества пенообразователя прочность пенобетона повышается.

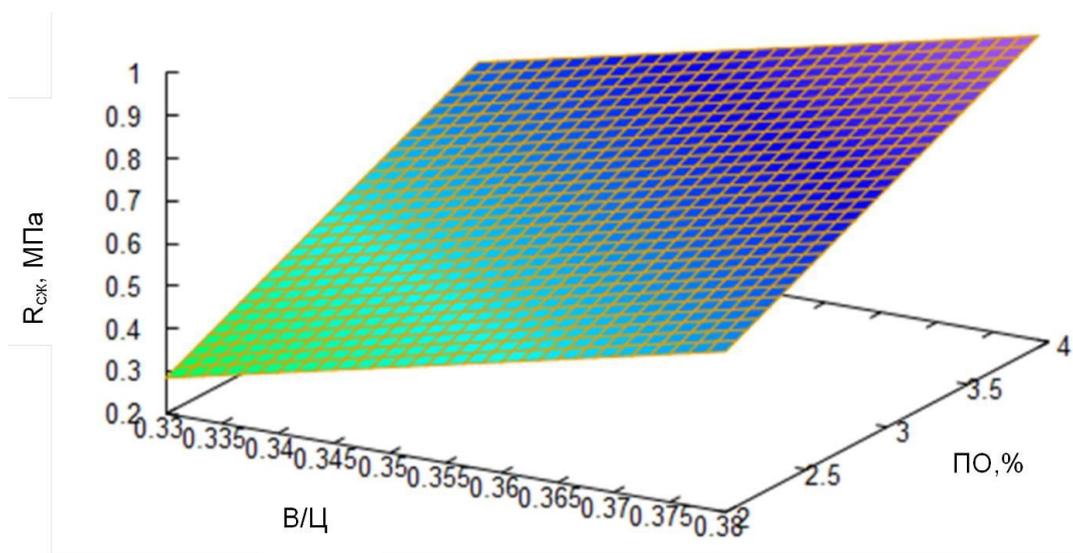


Рисунок 1 – Зависимость прочности пенобетона от В/Ц отношения и количества пенообразователя

Аналогично проводился расчет математического планирования эксперимента зависимости плотности теплоизоляционного пенобетона, где в качестве варьируемых факторов так же были выбраны В/Ц отношение и количество пенообразователя. Полученная математическая модель в натуральных величинах имеет следующий вид:

$$\rho = -27,49 + 1693,6 \cdot V / Ц + 12,26 \cdot ПО \quad (4)$$

Анализ полученных уравнений (3) и (4) позволяет сделать вывод, что количество пенообразователя оказывает меньшее влияние на физико-механические свойства пенобетона, чем В/Ц отношение.

На рисунке 2 представлена графическая зависимость плотности пенобетона от варьируемых факторов.

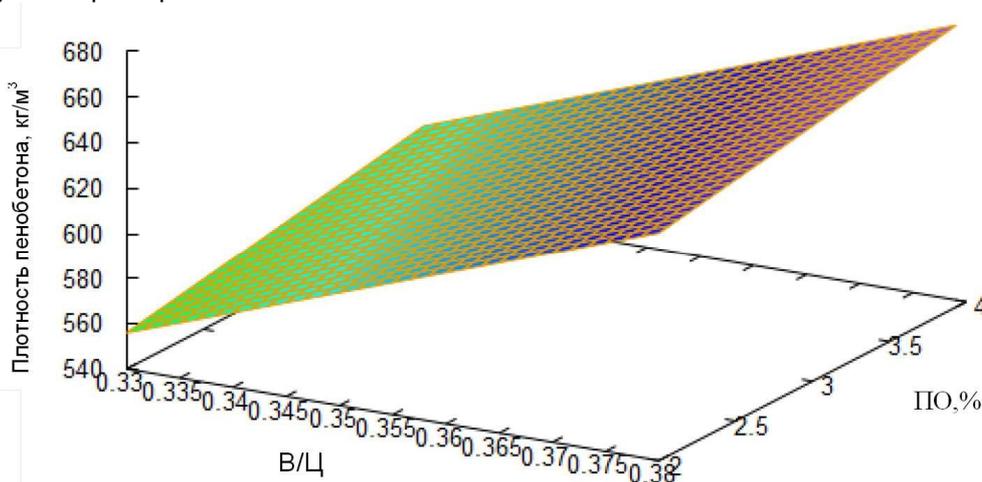


Рисунок 2 – Зависимость плотности пенобетона от В/Ц отношения и количества пенообразователя

Из рисунка 2 видно, что при В/Ц отношении 0,33 и количестве пенообразователя 2% плотность равна 540-560 кг/м³, тогда как при В/Ц отношении 0,38 с тем же количеством пенообразователя, плотность увеличилась до 580-600 кг/м³. Если увеличить количество пенообразователя до 4%, то плотность возрастает до 660-680 кг/м³. Плотность пенобетона повышается при увеличении В/Ц отношения и количества пенообразователя.

Заключение

На основании полученных математических моделей в виде уравнений регрессии, а так же анализа графических зависимостей можно сделать следующие выводы:

- Математические модели в виде уравнений регрессии отражают влияние компонентного состава на физико-механические свойства пенобетона.
- Наблюдается линейное повышение плотности и прочности материала в зависимости от В/Ц отношения в пределах от 0,33 до 0,38 и количества пенообразователя в диапазоне от 2% до 4%. Линейность функции обусловлена малым шагом варьирования независимой переменной В/Ц.
- С помощью метода математического планирования эксперимента появляется возможность подбирать оптимальный состав пенобетона с улучшенными физико-механическими свойствами. Для выявления оптимального состава при получении теплоизоляционного пенобетона необходимо расширить диапазон варьируемого фактора В/Ц.
- Полученные математические модели в виде уравнений регрессии можно использовать для оптимизации исследуемого процесса.
- Полный факторный эксперимент облегчает задачи исследования, позволяя реализовать все возможные комбинации факторов на всех выбранных уровнях исследования с проведением наименьшего количества опытов.

Библиографический список

1. Бобров Ю.Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции / Ю.Л.А. Бобров, Е.Г. Овчаренко, Б.М. Шойхет, Е.Ю. Петухова. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 268 с.
2. Кривальцевич Т.В. Сравнение неавтоклавного пенобетона с другими теплоизоляционными материалами / Т.В. Кривальцевич, Е.В. Гурова // (Электронный журнал)
3. Шахова Л.Д. Некоторые аспекты исследований структурообразования ячеистых бетонов неавтоклавного твердения / Л.Д. Шахова // Строительные материалы. Наука. – 2003. – №2. – С. 4-7.

4. Шахова Л.Д. Технология пенобетона. Теория и практика : монография. М. : Изд-во АСВ, 2010. – 248 с.
5. Баев М.Н. [Теплоизоляционный неавтоклавный пенобетон с повышенными характеристиками](#) / М.Н. Баев, Ю.В. Щукина // Ползуновский вестник. – 2011. – №1. – С. 35- 37.
6. Реброва И.А. Планирование эксперимента / И.А. Реброва // учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2010. – 106 с.
7. Шестаков В.Н. Планирование эксперимента в оптимизационных задачах технической мелиорации грунтов / В.Н. Шестаков// учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 95 с.
8. ГОСТ 25485-89. Ячеистые бетоны. Технические условия [Электронный ресурс]. - Введ. 1990-01-01 // ИПО «ГАРАНТ - Аэро» / ООО НПП «ГАРАНТ- СЕРВИС- УНИВЕРСИТЕТ» - Дата обновления: 01.10.2008.

INVESTIGATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF FOAM CONCRETE WITH USE OF MATHEMATICAL PLANNING OF THE EXPERIMENT

T.V. Krivaltsevich, E.V. Gurova

Abstract. A study was made of the physico-mechanical properties of foam concrete using the method of experiment planning. Based on the obtained mathematical models, graphical dependences of density and strength on the factors of variation - water-cement ratio and the amount of foaming agent - are constructed. Using the method of mathematical experiment planning, you can select the optimal composition of foam concrete with improved physical and mechanical properties.

Keywords: Heat-insulating non-autoclave foam concrete, portland cement, mathematical experiment planning, regression equation.

Кривальцевич Татьяна Владимировна (Россия, Омск) – магистрант, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (Россия, 644080, г.Омск, Мира пр. 5, tpogoda76@mail.ru).

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

Krivaltsevich Tatyana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – undergraduate, The Siberian Automobile and Highway University (SIBADI) (RUSSIA 644080, Omsk, Mira pr.5, tpogoda76@mail.ru).

Gurova Elena Viktorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the Department «Construction materials and special technologies», Siberian Automobile and Highway University (SIBADI) (RUSSIA 644080, Omsk, Mira pr.5, gurova-ev@mail.ru).

УДК 624.046

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НЕСОВЕРШЕНСТВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MS OFFICE EXCEL

С. А. Макеев, К.Т. Хамзина

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – исследованию влияния геометрических несовершенств, начальных дефектов и повреждений на несущую способность стержневых металлических конструкций по первой и второй группам предельных состояний. На базе СП 16.13330.2011 разработан программный комплекс в среде MS Excel, позволяющий выполнять проверочные расчеты по прочности по нормальным напряжениям растянуто сжато-изгибаемых стержневых элементов с учетом способов закреплений концов, учетом переменного сечения, учетом локальных погибей осей в двух плоскостях, местных несовершенств формы сечения, возможности учета местных коррозионных повреждений.

Ключевые слова: дефекты, несовершенства, металлические конструкции, программный комплекс.

Введение

Конструкции из стального проката (колонны, фермы, связи, балки) являются одним из наиболее распространенных и используемых в современном строительстве.

Наличие начальных дефектов, повреждений, локальных деформаций полученных элементами стальных конструкций в результате транспортировки, монтажа, эксплуатации снижает несущую способность конструкций в целом. Речь идет о местных погибах осей элементов, местных искажениях сечений, наличии различной степени коррозионного разрушения элементов ферм, каркасов [1 - 10].

Оценка влияния на несущую способность элемента того или иного зафиксированного при обследовании конструкции повреждения, дефекта с выдачей рекомендаций при необходимости по усилению поврежденных элементов является актуальной задачей [3, 9].

В настоящее время существует методики оценки влияния тех или иных повреждений на несущую способность сжато-изгибаемых элементов стальных конструкций [7, 8]. В анализируемых материалах учет локальных повреждений связан с необходимостью выполнения многообразных ручных вычислений с использованием множества табличных данных, необходимости интерполирования этих данных. При этом возможен анализ только частных случаев повреждений и дефектов, частных случаев локализации повреждений, что в значительной степени сужает область применения данным методик.

Целью настоящего исследования является разработка программного комплекса в общедоступной среде MS Excel, позволяющего автоматизировать процесс оценки несущей способности растянуто или сжато-изгибаемых стальных элементов с любыми опорами, включая наличие промежуточных и упругих опор, при наличии измеренных при обследовании погибей осей в двух плоскостях с заданным расположением по длине элемента, наличии локальных изменений формы сечения, наличии локальных коррозионных разрушений.

Параметры расчетной схемы (рис. 1):

z , м- текущая координата поперечного сечения элемента;

z_{max} , м- координата наиболее удаленных точек сечения элемента;

s - центр тяжести сечения элемента;

L , м- длина элемента;

P , H - сосредоточенные силы, приложенные на расстоянии z от начала координат;

M , M_m - сосредоточенный момент, действующий на расстоянии z от начала координат;

$q_y(z), q_z(z)$ Н/м- распределенная поперечная и продольная нагрузки, изменяющаяся по определенному закону в функции координаты z ;

$A(z)$, $m_2, J_x(z)$, $m_4, W_x(z)$, m_3 - площадь, момент инерции, момент сопротивления поперечного сечения элемента в общем случае переменные по длине z ;

$Q_y(z)$, H - поперечная сила в сечении z (равнодействующая внутренних сил в сечении);

$M_x(z)$, M_m - изгибающий момент в сечении z ;

$N(z)$, H - продольная сила в сечении z ;

$V(z)$, м- перемещение поперечного сечения с координатой z вдоль оси y ;

$\varphi(z)$, рад - угол поворота поперечного сечения с координатой z относительно оси x ;

E , МПа- модуль упругости материала элемента;

$\sigma(z, y)$, н/м²(МПа)- нормальные напряжения в точках с координатой y поперечного сечения z ;

$\sigma_{max}(z)$, н/м²(МПа) - максимальное нормальные напряжения в поперечном сечении z ;

R_y - расчетное сопротивление материала элемента на растяжение, сжатие и изгиб;

$[V]$ - допускаемое перемещение по оси y ;

$[\varphi]$ - допускаемый угол поворота сечения относительно оси x ;

Разработка математической модели *растянуто* сжато-изгибаемого элемента стержневого типа заимствовано из работы [10].

Формирование геометрических соотношений, уравнений равновесия, физических соотношений поясняется на рис. 1, где представлено положение отрезка dz элемента с координатой z , отмеренной от левого конца элемента до нагружения, и положение того же отрезка длиной dz_1 после нагружения распределенной по длине нагрузкой q_y, q_z в правой системе координат.

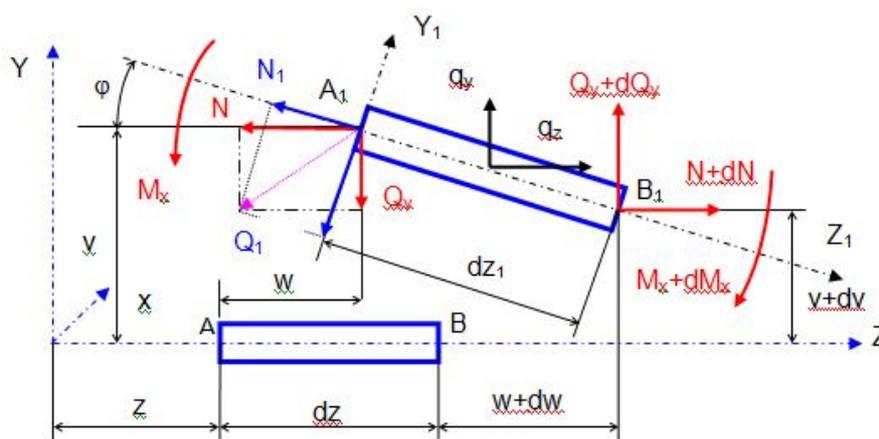


Рисунок 1 – Положение элемента стержня до и после нагружения

Подход к формированию математической модели напряженно-деформированного состояния элемента, когда производная функции $f(z)$ в точке z_i ($i = 0 \dots n$) представляется в виде

$$f_i = \frac{f_{i+1} - f_i}{\Delta z}$$

где Δz - шаг приращения текущей координаты z , с учетом малых углов поворота сечений φ (случай изгиба при малых перемещениях) позволяет математическую модель записать в следующем, удобном для численного интегрирования виде:

$$N_{i+1} = N_i - q_{zi} * \Delta z, Q_{yi+1} = Q_{yi} - q_{yi} * \Delta z, (2)$$

$$M_{i+1} = M_i + (Q_{yi} + N_{i*\varphi_i}) * \Delta z, V_{i+1} = V_{i-\varphi_i} * \Delta z, (3)$$

$$\varphi_{i+1} = \varphi_i + \frac{M_i}{EJ_x} * \Delta z (4)$$

$$W_{i+1} = W_i + \frac{N_{i-\varphi_i} * Q_{yi}}{EA} * \Delta z (5)$$

Общий алгоритм численного решения (метод начальных параметров).

Такая форма записи дифференциальных уравнений (2-5) позволяет в электронной среде Microsoft Excel пошагово интегрировать представленную систему с использованием метода начальных параметров и наглядно иллюстрировать результаты расчетов.

Использование стандартной процедуры MSc Excel «Поиск решения» позволяет, с заданной точностью, определять неизвестные начальные параметры системы $N_0, Q_0, M_0, W_0, V_0, \varphi_0$, соответствующие известному набору граничных условий, сформулированных в виде целевой функции.

Сформулируем основные варианты граничных условий при различных закреплениях концов и наличии промежуточных опор.

Свободный конец: $M_x(z=0) = Q_y(z=0) = 0$ или $M_x(z=L) = Q_y(z=L) = 0$

Жестко закрепленный конец: $V(z=0) = \varphi(z=0) = 0$ или $\varphi(z=L) = V(z=L) = 0$;

Упруго закрепленный конец по оси y : $Q_y(z=0) = V(z=0)/\delta v$ или $Q_y(z=L) = -V(z=L)/\delta v$, где δv - линейная податливость закрепления (м/Н).

Упруго закрепленный конец при повороте относительно оси x : $M_x(z=0) = \varphi(z=0)/\delta \varphi$, $M_x(z=L) = -V(z=L)/\delta \varphi$,

где $\delta \varphi$ - угловая податливость закрепления (рад/Нм).

Упругая линейная промежуточная опора в сечении $z = d$: $Q_y(d) = V(d)/\delta v$.

Упругая поворотная промежуточная опора в сечении $z = d$: $M_x(d) = \varphi(d)/\delta \varphi$.

Представленный алгоритм интегрирования системы дифференциальных уравнений реализован в автоматизированном программном комплексе в общедоступной среде MS Excel.

Для наглядного примера ниже представлены результаты расчета несущей способности двухметрового разрезного стального элемента постоянного квадратного сечения 40x40 мм (сталь С235, $R_y = 230$ МПа), нагруженного заданной продольной сжимающей нагрузкой $P = 6000$ Н с начальной погибью оси $\Delta = 20$ мм (начало $z=300$ мм, окончание $z = 1800$ мм, рис. 2).

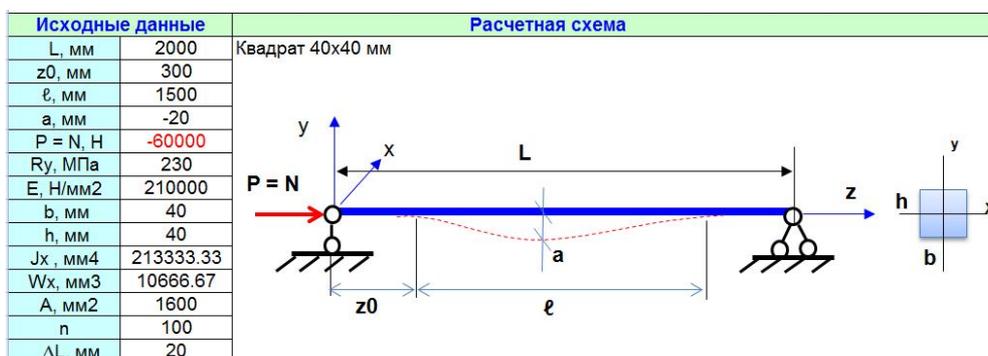


Рисунок 2 – Расчетная схема

В разработанном программном комплексе приняты следующие единицы измерения величин: длина-миллиметр (мм), сила- ньютон (Н), масса - килограмм (кг), время - секунда (с). Величина шага интегрирования ΔL определяется числом шагов n , которое в практике расчетов принимается равным от 100 до 2000 в зависимости от требуемой точности вычислений. В приведенном примере принято $n=100$, то есть $\Delta L=L/n = 2000/100=20$ мм.

В соответствие с конечно-разностной схемой записи математической модели продольно-поперечного изгиба таблица расчетов содержит колонку текущей координаты z , колонку начальных погибей $a(z)$, колонки распределенных внешних нагрузок q_y, q_z , колонки внешних сосредоточенных сил и момента, и колонки внутренних сил и перемещений. При переменном сечении стержня вводятся колонки для текущего момента инерции сечения и площади (рис. 3).

Таблица расчетов													
z, мм	a(z), мм	q _y , н/мм	q _z , н/мм	P, н	T, н	M, нмм	N, н	W, мм	Q _y , н	M _x , нмм	φ, рад	V, мм	V _z , мм
0	0.000	0	0	0	0	0	-60000	6.81E-01	-4.68E-07	0	0.02255	0	0.0000
20	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6720	-4.68E-07	-2.71E+04	0.02255	-0.4509	-0.4509
40	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6633	-4.68E-07	-5.41E+04	0.02253	-0.9018	-0.9018
60	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6547	-4.68E-07	-8.12E+04	0.02251	-1.3525	-1.3525
80	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6460	-4.68E-07	-1.08E+05	0.02247	-1.8027	-1.8027
100	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6374	-4.68E-07	-1.35E+05	0.02243	-2.2522	-2.2522
120	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6288	-4.68E-07	-1.62E+05	0.02236	-2.7007	-2.7007
140	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6202	-4.68E-07	-1.89E+05	0.02229	-3.1480	-3.1480
160	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6117	-4.68E-07	-2.16E+05	0.02221	-3.5938	-3.5938
180	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.6032	-4.68E-07	-2.42E+05	0.02211	-4.0380	-4.0380
200	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5947	-4.68E-07	-2.69E+05	0.02200	-4.4802	-4.4802
220	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5863	-4.68E-07	-2.95E+05	0.02188	-4.9203	-4.9203
240	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5779	-4.68E-07	-3.21E+05	0.02175	-5.3580	-5.3580
260	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5696	-4.68E-07	-3.48E+05	0.02161	-5.7930	-5.7930
280	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5614	-4.68E-07	-3.74E+05	0.02145	-6.2252	-6.2252
300	0.000	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5532	-4.68E-07	-3.99E+05	0.02129	-6.6542	-6.6542
320	-0.035	0	0	0	0	0	-6.00E+04	0.5451	-4.68E-07	-4.27E+05	0.02111	-7.0800	-7.1150

Рисунок 3 – Фрагмент таблицы расчетов

Перед запуском решения формируются граничные условия, назначается целевая ячейка, ограничения, варьируемые параметры (изменяемые ячейки) и запускается процедура "Поиск решения".

В данной постановке сформулируем граничные условия задачи, варьируемые параметры, функции цели, ограничения.

При заданных нагрузке и размерах элемента требуется, удовлетворяя граничным условиям ($V(0) = W(0) = M(0) = V(2000) = W(2000) = M_x(2000) = 0$), найти начальные параметры $Q_y(0), \phi(0), N(0)$.

Исходя из этого значения $V(0)$, $W(0)$, $M_x(0)$ обнуляем, $N(0)$, $Q_y(0)$, $\varphi(0)$ назначаем варьируемыми параметрами, $M_x(2000) = 0$ принимаем в качестве целевого значения, а $W(2000) = 0$, $V(2000) = 0$ в качестве ограничений.

В результате выполненного расчета, после запуска процедуры «Поиск решения», построены графики начальной погиби оси элемента (рис. 4), изгибающего момента и прогибов элемента с учетом начальной погиби оси (рис. 5, 6).

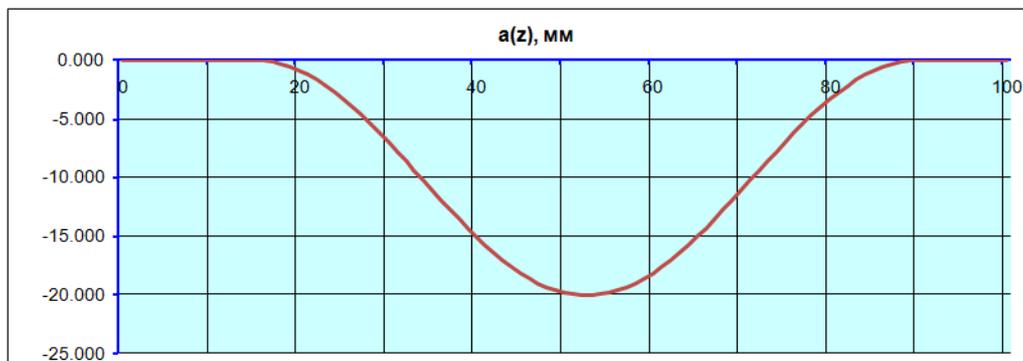


Рисунок 4 – Измеренная форма начальной погиби оси элемента

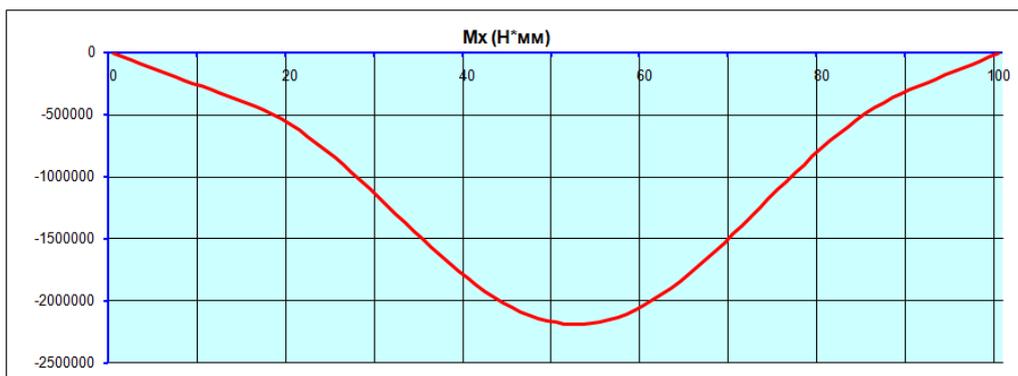


Рисунок 5 - Изгибающий момент по длине элемента с учетом погиби оси

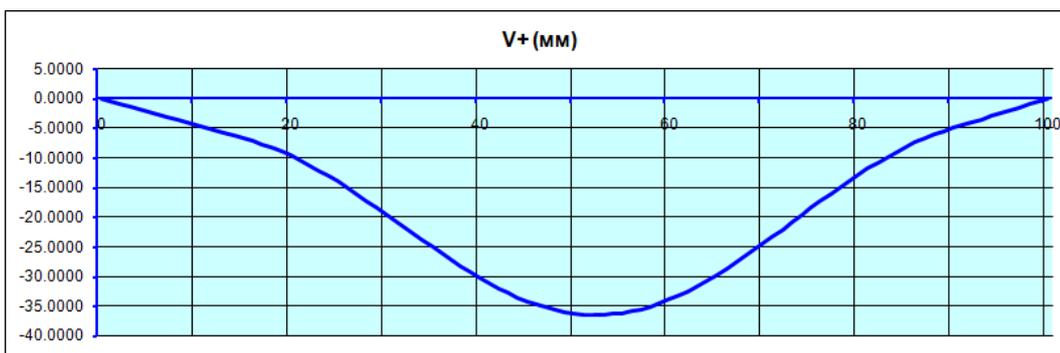


Рисунок 6 – Результирующий прогиб по длине элемента с учетом погиби оси

При этом вычислены максимальные нормальные напряжения от изгибающего момента, продольной силы и суммарные нормальные напряжения (рис. 7).

Максимальные нормальные напряжения от изгибающего момента:		
$\sigma_{max} = Mx_{max}/W_x =$	205.4	н/мм ² (МПа)
Максимальные нормальные напряжения от продольной силы:		
$\sigma_{max} = N / A =$	-37.5	н/мм ² (МПа)
Максимальные суммарные нормальные напряжения		
$\sigma_{max} = Mx_{max}/W_x + /N/A/ =$	242.9	н/мм ² (МПа)

Рисунок 7 – Максимальные нормальные напряжения от изгибающего момента, продольной силы и суммарные напряжения

Процент использования несущей способности элемента по нормальным напряжениям в данном примере составляет

$$100 \cdot 242,9 / 235,0 = 103,4 \%$$

Полученное значение говорит об исчерпании несущей способности элемента по нормальным напряжениям (дефицит 3,4 %) и необходимости разработки усиления конструкции.

Заключение. В результате проведенного исследования построен автоматизированный алгоритм, реализованный программным комплексом (ПК) в среде MS Excel, позволяющий оценивать максимальные нормальные напряжения в растянуто сжато-изгибаемом элементе с учетом начальной погиби оси с любыми закреплениями концов элемента, включая упругие и промежуточные опоры.

При необходимости в ПК можно ввести переменное по длине сечение элемента, учитывать локальные изменения формы сечения, учитывать локальные проявления коррозионного разрушения.

Библиографический список

1. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – Введ. 2011-05-20. – М.: ОАО ЦПП, 2011. – 178 с.
2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.- Введ. 2014-01-01.-М.: Изд-во стандартов, 2001. – IV, 59 с.: ил.
3. [СП 53-101-98](#) Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций. – Введ. 1999-01-01. – М.: ОАО Концерн "Стальконструкция", 1999. – 36 с.
4. Лащенко, М.Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений / М.Н. Лащенко – Л.: Стройиздат, 1969. – 184 с.
5. Лебедь Е.В., Анализ искажений геометрической формы при сборке составных металлических конструкций / Е.В. Лебедь, О.В. Шебалина // Промышленное строительство. – 1992. – № 5. – С. 23-24.
6. Соболев Ю.В. Влияние начальных несовершенств монтажных стыков стенки на долговечность стальных вертикальных цилиндрических резервуаров / Ю.В. Соболев, А.Д. Колосков // Строительство и архитектура. – 1989. – №6. – С. 19-24.
7. Петерсон Р. Коэффициенты концентрации напряжений / Р. Петерсон – М.: Мир, 1977. – 302 с.
8. Коробейников О. П. Обследование технического состояния зданий и сооружений (основные правила): учебное пособие / О. П. Коробейников, А. И. Панин, П. Л. Зеленев; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т.– Н.Новгород: ННГАСУ, 2011. – 55 с.
9. Корчак М.Д. О допусках на изготовление металлических конструкций / М.Д. Корчак // Изв. вузов.Строительство. – 1994. – N 4. – С.14-17.
10. Краснощечков Ю.В., Макеев С.А. и др. Отчет по научно-исследовательской работе «Комплексные исследования плоских арочных систем покрытий из тонколистового трапецеидного профиля», Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, 2006 г.-165 с.

INVESTIGATION OF GEOMETRICAL IMPERFECTION AND DEFECTS WHILE HELPING THE MICROSOFT OFFICE EXCEL SOFTWARE COMPLEX

S.A. Makeev, K.T. Khamzina

Abstract. The article is devoted to the actual problem of today - the investigation of the influence of geometric imperfections, initial defects and damages on the load-bearing capacity of rod metal structures for the first and

second groups of limiting states. On the basis of SP 16.13330.2011, a software package was developed in the MS Excel environment, which makes it possible to carry out verification calculations of the tensile strength of compressive-bent rod elements with respect to the stresses of normal stresses, taking into account the methods of fixing the ends, taking into account the variable cross-section, taking into account local axes lost in two planes, local imperfections in the cross- The possibility of taking into account local corrosion damage.

Keywords: defects, imperfections, metal constructions, maximum stresses, mathematical complex, software complex, improvement.

Макеев Сергей Александрович (Россия, Омск) – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5; e-mail: makeev608079@mail.ru).

Хамзина Карина Тимуровна (Россия, Омск) – магистрант кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5; e-mail: hamzina-karina@rambler.ru).

Makeev Sergey Alexandrovich (Russia, Omsk) – doctor of Technical Sciences, Head of the Department "Building Constructions" of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Russian Federation, Omsk, Mira Ave., 5; e-mail: makeev608079@mail.ru).

Khamzina Karina Timurovna (Russia, Omsk) – master of the department Building Constructions of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Russian Federation, Omsk, Mira Ave., 5; e-mail: hamzina-karina@rambler.ru).

УДК 624.07

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ПОТЕРЕ ОБЩЕЙ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

65

Е.А. Титова

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. Разработана математическая модель продольно поперечного изгиба упругих прямых стержней в геометрически нелинейной постановке, а также произведена программная реализация разработанных алгоритмов в общедоступном процессоре MS Excel. Получена система из шести нелинейных дифференциальных уравнений. Проведено тестирование численно и экспериментально на простой тестовой задаче. Выполнен сравнительный анализ результатов, полученных численно и экспериментально.

Ключевые слова: сжато-изгибаемые стержни, геометрическая нелинейность, продольная устойчивость, большие перемещения, критическая сила.

Введение

Потеря устойчивости любой конструкции является опасным явлением, так как это явление может возникнуть внезапно, протекает очень быстро и часто задолго до исчерпания прочности материала, он может сопровождаться большими разрушениями.

При проектировании зданий и сооружений в целом, а также их отдельных элементов, для обеспечения безаварийной работы производится проверка всех видов потери устойчивости [1, 2, 3].

Существующие нормативные методы расчета несущих стержневых конструкций на прочность, жесткость и устойчивость основаны на предположении малых деформаций [1, 2]. При этом, ввиду малости углов поворота сечений α в математических моделях напряженно-деформированного состояния стержней принято считать, что $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \alpha$.

Такое допущение вносит погрешность, увеличивающуюся с ростом деформаций. Линейные математические модели, построенные на допущении малости деформаций описывают напряженно-деформированное состояние стержней при нагрузках, не превышающих

критические в Эйлеровом понимании, а также позволяют определять само значение критической нагрузки [8].

Но при всем этом линейные модели имеют существенный недостаток. С их помощью математически невозможно перешагнуть рубеж критических нагрузок, так как все расчетные параметры при этом устремляются в бесконечность.

В реальных неидеальных системах, достижение и даже превышение критических нагрузок сопровождается конечными деформациями. При этом стержни имеют совершенно определенную несущую способность.

В существующих исследованиях и руководящих материалах разработаны достаточно эффективные методики по учету влияния на несущую способность стержней различных дефектов и начальных деформаций формы сечений (вырезы, отверстия, погиби полок, стенок профилей), погибей осей стержней, остаточных напряжений, линейных и угловых смещений опор.

Анализ поведения сжато-изгибаемых плоских стержневых систем в пределах упругих деформаций в геометрически линейной постановке в достаточной степени разработан и апробирован. В нормах проектирования стальных конструкций [1-4, 6, 7] также предусмотрен расчет на прочность изгибаемых, внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых стержней или балок по первой группе предельных состояний с учетом развития пластических деформаций. Расчет построен на введении в формулы прочности дополнительных коэффициентов, зависящих от формы и площади сечения.

Разработанные методы в своем большинстве сводятся к инженерным методикам, основанным на определении большого количества, как правило, безразмерных коэффициентов, представленных в дискретном табличном или графическом виде по аналогии со строительными нормами [1,2,3]. Рассматриваемые подходы страдают громоздкостью, расчеты имеют низкую точность.

В данной работе предложены математические модели и алгоритмы численного решения задач о напряженно-деформированном состоянии упругих прямых стержней при плоском нагружении с учетом геометрической нелинейности.

Предлагаемый подход позволяет анализировать состояние упругих прямых стержней при любых закреплениях и нагрузках, в том числе превышающих критические.

1. Математическая модель продольно-поперечного изгиба упругого стержня в геометрически нелинейной постановке (плоская задача)

На рисунке 1 изображено положение отрезка dz стержня с координатой z , отмеренной от левого конца стержня до нагружения, и положение того же отрезка длиной dz_1 после нагружения.

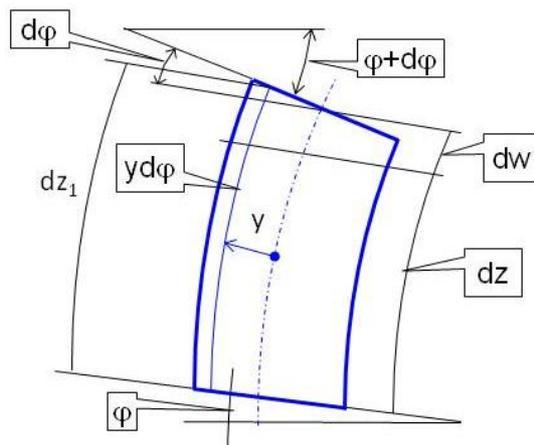


Рисунок 1 – Изменение линейных размеров элемента стержня после нагружения

Проектируя замкнутый контур AA_1B_1BA на оси Y и Z , силы, действующие на отрезок dz_1 и оси координат мы получаем систему из шести уравнений [4].

$$\frac{dv}{dz} = -\left(1 + \frac{N \cdot \cos \varphi - Q_y \cdot \sin \varphi}{EF}\right) \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

$$\frac{dw}{dz} = \left(1 + \frac{N \cdot \cos \varphi - Q_y \cdot \sin \varphi}{EF}\right) \cdot \cos \varphi - 1, \quad (2)$$

$$\frac{dN}{dz} = -q_z, \quad (3)$$

$$\frac{dQ_y}{dz} = -q_y, \quad (4)$$

$$\frac{dM_x}{dz} = (N \cdot \sin \varphi + Q_y \cdot \cos \varphi) \cdot \left(1 + \frac{N \cdot \cos \varphi - Q_y \cdot \sin \varphi}{EF}\right), \quad (5)$$

$$\frac{d\varphi}{dz} = \frac{M_x}{EJ_x}. \quad (6)$$

Математическая модель представлена системой из шести нелинейных дифференциальных уравнений, включающих уравнения равновесия, геометрические и физические соотношения.

Обозначения введены в правой системе координат x, y, z : $V(z)$ – прогибы оси стержня, $W(z)$ – продольные перемещения, $\varphi(x(z))$ – угол поворота сечения стержня, $N(z)$ – продольное усилие, $Q_y(z)$ – поперечное усилие, $M_x(z)$ – изгибающий момент.

Шесть граничных условий для конкретной задачи всегда формулируются, так как при любом закреплении концов стержня, на каждом известны три условия:

- жесткое закрепление $v = 0, w = 0, \varphi = 0$;
- шарнирно-неподвижное закрепление $M_x = 0, v = 0, w = 0$;
- шарнирно-подвижное закрепление $M_x = 0, v = 0, N = 0$;
- свободный конец $M_x = 0, Q_y = 0, N = 0$.

Составляющие математической модели изгиба и растяжения (сжатия) прямого стержня

Шесть уравнений равновесия:

$$\frac{dN}{dz} = -q_z, \quad \frac{dQ_y}{dz} = -q_y, \quad \frac{dQ_x}{dz} = -q_x \quad (7)$$

$$\frac{dM_x}{dz_x} = Q_y \cdot \cos \varphi_x + N \cdot \sin \varphi_x, \quad (8)$$

$$\frac{dM_y}{dz_y} = -Q_x \cdot \cos \varphi_y + N \cdot \sin \varphi_y, \quad (9)$$

$$\frac{dM_z}{dz} = -m_z - Q_y \cdot \sin \varphi_y \cdot \frac{dz_y}{dz} - Q_x \cdot \sin \varphi_x \cdot \frac{dz_x}{dz}. \quad (10)$$

Геометрические соотношения:

$$\frac{dv}{dz_x} = -\sin \varphi_x, \quad \frac{du}{dz_y} = \sin \varphi_y, \quad \frac{dw}{dz} = \frac{dz_x}{dz} \cdot \cos \varphi_x - 1 \quad (11)$$

Интегрирование данной системы проводится численно в стандартном приложении MS Excel по схеме Эйлера с использованием метода неидеальностей, для чего уравнения записываются в конечно-разностном виде (ΔZ - шаг интегрирования). При этом легко формулируются условия с упругими опорами, имеющими заданные линейные и угловые жесткости.

Данная схема интегрирования предполагает любое заданное изменение внешних распределенных нагрузок $q_y(z)$, $q_z(z)$ и любое заданное изменение поперечного сечения по длине стержня $F(z)$, $J_x(z)$.

$$v_{(i+1)} = v_i - \left(\frac{N_i \cdot \cos \varphi_i - Q_{yi} \cdot \sin \varphi_i}{EF_i} \right) \cdot \sin \varphi_i \cdot \Delta z, \quad (12)$$

$$w_{(i+1)} = w_i + \left[\left(1 + \frac{N_i \cdot \cos \varphi_i - Q_{yi} \cdot \sin \varphi_i}{EF_i} \right) \cdot \cos \varphi_i - 1 \right] \cdot \Delta z, \quad (13)$$

$$N_{(i+1)} = N_i - q_{zi} \cdot \Delta z, \quad (14)$$

$$Q_{y(i+1)} = Q_{yi} - q_{yi} \cdot \Delta z, \quad (15)$$

$$M_{x(i+1)} = M_{xi} + \left[(N_i \cdot \sin \varphi_i + Q_{yi} \cdot \cos \varphi_i) \cdot \left(1 + \frac{N_i \cdot \cos \varphi_i - Q_{yi} \cdot \sin \varphi_i}{EF_i} \right) \right] \cdot \Delta z \quad (16)$$

$$\varphi_{(i+1)} = \varphi_i + \frac{M_{xi}}{EJ_{xi}} \cdot \Delta z, \quad (17)$$

Отыскание неизвестных начальных параметров, удовлетворяющих заданным краевым условиям, производится с помощью процедуры «Поиск решения», в которой применен метод сопряженных градиентов или метод Ньютона по выбору.

При интегрировании системы вблизи критических нагрузок применен метод неидеальностей (малое возмущение в виде незначительной нагрузки в направлении предполагаемой потери устойчивости) и малое ступенчатое приращение основной нагрузки. В случае бифуркации решения величину приращения основной нагрузки необходимо уменьшить.

При прохождении критических нагрузок наблюдается нелинейное конечное увеличение расчетных параметров, в частности прогибов, что соответствует нашим представлениям о поведении реальных стержней.

Метод неидеальностей заключается в принудительном введении малого статического возмущения, например, при продольном нагружении стержня это может быть незначительная боковая сосредоточенная сила, которая и определяет формирование упругой оси стержня при переходе через критическую силу. В процессе расчета методом последовательных приближений при каждом посткритическом приращении продольной нагрузки должен наблюдаться нелинейный рост всех расчетных параметров системы. В случае бифуркации решения, когда мгновенно меняются знаки части расчетных параметров, необходимо вернуться к предыдущему решению и уменьшить шаг приращения продольной силы.

2. Численное и экспериментальное тестирование модели продольно-поперечного изгиба в геометрически нелинейной постановке (плоская задача)

Методика численного решения краевой задачи состоит в следующем. Задавая первое приближение неизвестных начальных параметров системы (1 – 6) на левом конце, Excel, варьирует эти значения до момента выполнения граничных условий на правом конце. На этом этапе используется стандартная процедура «Поиск решения» с применением метода сопряженных градиентов для указания направления поиска. Далее, с помощью графического редактора «Мастер диаграмм», строятся графики расчетных функций $Q_y(z)$, $N(z)$, $M_x(z)$, $\varphi(z)$, $v(z)$, $w(z)$.

Данная схема численного интегрирования предполагает любое заданное изменение внешних распределенных нагрузок $q_y(z)$, $q_z(z)$ и любое заданное изменение поперечного

сечения по длине стержня $F(z)$, $Jx(z)$. При этом моделируются местные и общие дефекты сечения (вырезы, отверстия, вплоть до местных коррозионных повреждений распределенных по длине стержня), а также начальные погиби, искривления оси, смещения и повороты опор.

Для оценки адекватности разработанной модели проводилось численное и натурное моделирование образцов упругих стержней выполненных из стальной нагартованной холоднокатаной ленты (сталь У8) с условным пределом текучести $650 \div 700$ МПа. Необходимость выбора прочного упругого материала для образцов продиктовано желанием протестировать модель в больших перемещениях.

Приведем результаты решения тестовой задачи поиска равновесных состояний упругих прямых стальных стержней при нагрузках, равных и превышающих критические по Эйлеру.

Стержень прямоугольного сечения $51(b) \times 1,145(h)$ мм длиной (L) 665 мм тестировался в режиме продольно-поперечного изгиба (рис. 2).

В данной схеме мы проверяли значения вертикальных, горизонтальных перемещений, а также значение критической силы, полученных теоретически и экспериментально.

Для данной расчетной схемы граничные условия выглядят:

$$v_0 = w_0 = \varphi_0 = 0; \quad v_{665} = 0, w_{665} = 0; \quad M_{x_{665}} = 0$$

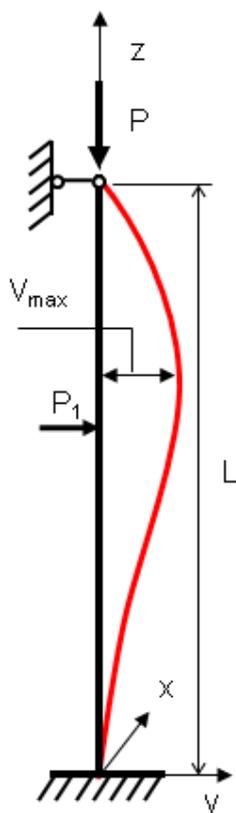


Рисунок 2 – Расчетная схема экспериментального стержня (вторая задача)

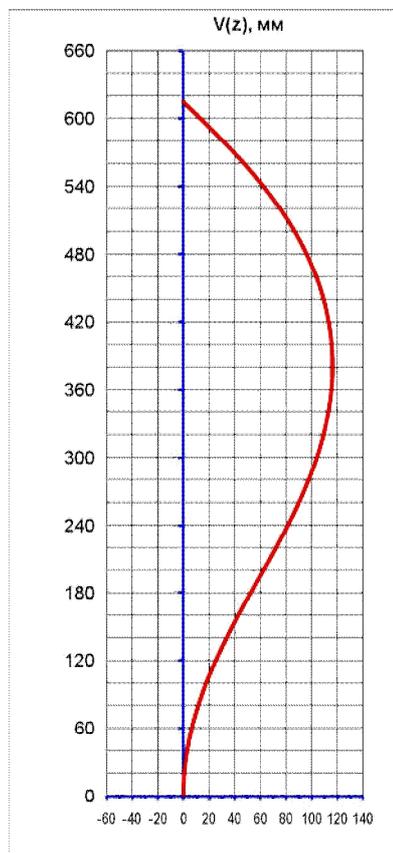


Рисунок 3 – Расчетная форма упругой оси стержня при продольной силе $P = 60$ Н ($P/P_{кр} = 1,032$)

В качестве примера на рисунке 3 приведены результаты численного интегрирования системы 1-6: показана форма упругой оси стержня $V(z)$ при продольной силе $P = 60$ н ($P/P_{кр} = 1,032$).

Для экспериментального тестирования разработан и изготовлен испытательный стенд.

Стенд позволяет моделировать шарнирные или жесткие закрепления прямого стержня. При этом возможна организация промежуточной шарнирной опоры для моделирования работы двухпролетных неразрезных балок. Подвижная часть стенда, посредством которой производилось продольное нагружение, выполнена с использованием шариковой

направляющей поступательного движения. Критическая продольная сила принималась равной вертикальной нагрузке, при которой стержень находясь в прямолинейном состоянии при бесконечно малом возмущении переходил в искривленное равновесное состояние.

На рисунке 4 приведен фрагмент экспериментальной установки в момент равновесия расчетного стержня при нагружении продольной силой $P = 60 \text{ Н}$ ($P/P_{кр} = 1,032$). Расхождение расчетного и экспериментально полученного значения максимального прогиба V_{max} составляют не более 4 % (табл. 1, рисунок 4).

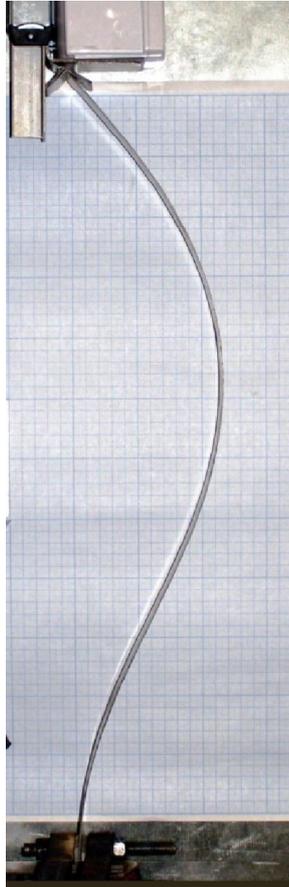


Рисунок 4 – Фрагмент экспериментальной установки
в момент равновесия стержня
при нагружении продольной силой $P = 60 \text{ Н}$ ($P/P_{кр} = 1,032$).

Таблица 1 – Значения прогибов

Продольная сила	Теоретические значения	Практические значения
$P, \text{ Н}$	$V_{max}, \text{ мм}$	$V_{max}, \text{ мм}$
58	0,80	0
58,5	52,15	51
59	80,41	81
59,5	100,33	100
60	116,32	114

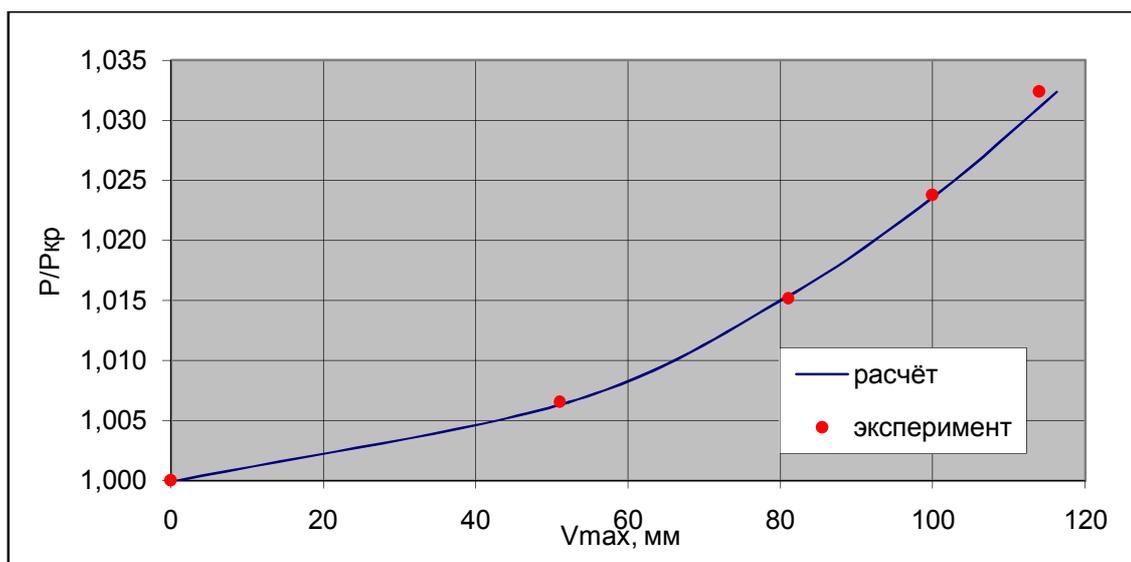


Рисунок 5 – Расчётная зависимость вертикальных перемещений от приложенных усилий и экспериментально полученные данные

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что предложенная математическая модель продольно-поперечного изгиба упругих стержней в нелинейной постановке адекватно отображает напряженно-деформированное состояние при нагрузках, превышающих критические в условиях наступившей потери продольной устойчивости.

Заключение

Сравнительный анализ результатов численного решения и экспериментально полученных данных выявил адекватность математической модели продольно-поперечного изгиба реальному поведению стержней при нагрузках превышающих критические с достаточной для инженерных расчётов точностью.

В дальнейшем предполагается провести комплексное экспериментальное исследование разработанной модели.

Библиографический список

1. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – Введ. 2011-05-20. – М.: ОАО ЦПП, 2011. – 178 с.
2. СП 53-102-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Общие правила проектирования стальных конструкций. М.: ФГУП ЦПП, 2005. -188 с.
3. СТО 02494680-0049-2005. Конструкции стальные строительные. Основные принципы расчета на прочность, устойчивость, усталостную долговечность и сопротивление хрупкому разрушению. – Введ. 2005-05-03. – М.: ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова, 2005. – 37 с.
4. Белый В.Д. Напряжения и деформации в стержнях и стержневых системах: учеб. пособие / В.Д. Белый. - Омск, ОмПИ, 1986. – 103 с.: ил.
5. Соколовский З.Н., Макеев С.А., Соколовская Н.Н. Решение инженерных задач численным интегрированием дифференциальных уравнений с помощью табличного процессора MS Excel// Межвузовский сборник научных трудов. Ежегодник. Омск, изд-во ОмГПУ, 2006 г., С 103-107.
6. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности / Г.С. Варданян и др.– М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 1995. - 572 с.
7. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. - М.: Наука. 1974. - 560 с.: ил.
8. Эйлер, Л. Метод нахождения кривых линий, обладающих свойствами либо максимума, либо минимума или решение изопериметрической задачи, взятой в самом широком смысле / Леонард Эйлер. - М.: Л.: Гостехиздат. 1934, - 603 с.: ил.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BEHAVIOR OF COMPRESSED-BENDED RODS WITH THE LOSS OF GENERAL LONGITUDINAL STABILITY WITH THE ACCOUNT OF GEOMETRICAL NONLINEARITY

E.A. Titova

Abstract. The mathematical model longwise of a lateral flexure of resilient direct rod stock in geometrically non-linear statement is developed, and also program realization of the developed algorithms in the shared MS

Excel processor is made. The system from six non-linear differential equations is received. Testing numerically and experimentally on a prime test task is held. The comparative analysis of the results received numerically and experimentally is made.

Keywords: *compressed-bent rods, geometric nonlinearity, longitudinal stability, large displacement, critical force.*

Титова Елена Александровна (Россия, Омск) – магистрант группы СМ-15ПЗ, кафедра «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: elena_titova_09@mail.ru).

Titova Elena Aleksandrovna (Russian Federation, Omsk) – undergraduate group SM-15P3, the Department "Building constructions" of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Russian Federation, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: elena_titova_09@mail.ru).

УДК 625.7

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ МЕСТНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ЧЕРЕЗ ЛЕСНОЙ МАССИВ

Д. Е. Токтарев, Е.А. Бедрин

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. *В статье приводится методика определения температурного поля дневной поверхности земли любой ориентации с учетом изменения количества поступающей солнечной радиации и интенсивности испарения влаги при строительстве автомобильных дорог через лесной массив, актуализированная для расчетов с использованием современной нормативно-технической документации. А также приводится пример расчета температурных полей различных поверхностей для условий Сквородинского района Амурской области и выполнен анализ температурного баланса земляного полотна с точки зрения сохранения многолетнемерзлого основания.*

72

Ключевые слова: *Тепловой режим многолетнемерзлых грунтов, солнечная радиация, деградация вечной мерзлоты, устойчивость основания земляного полотна*

Введение

При строительстве автомобильных дорог по территории распространения многолетнемерзлых грунтов, нарушается их тепловой режим. Данный процесс может оказывать негативное воздействие на устойчивость основания земляного полотна и приводить к его просадкам и, тем самым, разрушению дорожной одежды. Процесс деградации многолетней мерзлоты при нарушении ее теплового баланса в особенности характерно для территорий распространения высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов (ВТМГ), относящихся к I₃ подзоне в соответствии с дорожно-климатическим районированием [1].

Нарушение теплового режима многолетнемерзлых грунтов связано с изменением условий теплообмена на границе «внешняя среда – дневная поверхность земли», которые формируется следующими факторами:

- температурой воздуха окружающей среды t , °С;
- поступающей солнечной радиацией Q , кВт·ч/м²;
- интенсивностью испарения влаги W , кг/м²·с;
- альбедо поверхности A , %;
- ориентацией поверхности по сторонам света и углом, который составляет наклонная поверхность с горизонтальной плоскостью.

Таким образом, для определения теплового режима земляного полотна автомобильной дороги и, следовательно, прогнозирования процесса деградации вечной мерзлоты в основании насыпи, необходимо производить расчет температурных полей на каждой поверхности исследуемого участка автомобильной дороги.

Методика расчета температурных полей поверхностей земли

При теплотехнических расчетах температура поверхности земли определяется путём введения в расчет параметров в виде соответствующих поправок, учитывающих радиационный теплообмен и испарение влаги:

$$t_{\text{пр}} = t + \Delta t_r - \Delta t_{\varepsilon}, \quad (1)$$

где t - среднемесячная температура воздуха, определяемая по данным, имеющимся в климатологических справочниках и в СП 131.13330.2012 [2], °С;

Δt_r и Δt_{ε} - поправки к среднемесячной температуре воздуха за счет соответственно солнечной радиации и испарения, °С.

В рекомендациях [3], разработанных ЦНИИС, приведен расчет поправки за счет поступления солнечной радиации по формуле:

$$\Delta t_r = \frac{B}{0,073 * \alpha}, \quad (2)$$

где B - среднемесячная сумма радиационного баланса для рассматриваемого элемента поверхности, ккал/см²*мес;

0,073 - коэффициент перевода радиационного баланса из $\left(\frac{\text{ккал}}{\text{см}^2 * \text{мес}}\right)$ в $\left(\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 * \text{час}}\right)$.

α - коэффициент теплообмена на поверхности грунта, ккал/м²*час*град, приближенное значение которого вычисляется по формуле:

$$\alpha = 10 * \sqrt{V}, \quad (3)$$

где V - скорость ветра, м/с.

Для расчета температурной поправки на испарение влаги с поверхности (Δt_{ε}) эмпирическим путем ЦНИИСом выведена следующая формула [4]:

$$\Delta t_{\varepsilon} = k * \Delta t_r, \quad (4)$$

где k - коэффициент, учитывающий характер поверхности, значения которого принимаются по таблице 1.

Актуализация существующей методики расчета температурных поправок

Так как в современных НТД [2] суммарная среднемесячная солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая на горизонтальную и вертикальную поверхности измеряется в кВт*ч/м²*мес, приведенную выше методику следует актуализировать и вывести формулы расчета температурных поправок для данных единиц измерения.

Для получения актуальной на сегодняшний день формулы расчета температурной поправки за счет солнечной радиации, достаточно перевести единицы измерения коэффициента теплообмена от употребляемых в рекомендациях [3] к единицам Международной системы, используя соотношение:

$$1 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 * \text{час} * \text{°С}} = 1,16 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{°С}};$$

А также необходимо перевести среднемесячный радиационный баланс к значению данного параметра, характеризующего его часовую величину:

$$1 \frac{\text{кВт} * \text{ч}}{\text{м}^2 * \text{час}} = 1,37 * 10^{-3} \frac{\text{кВт} * \text{ч}}{\text{м}^2 * \text{мес}}$$

Таким образом, после всех преобразований, формула расчета температурной поправки на солнечную радиацию Δt_r будет иметь вид, °С:

$$\Delta t_r = \frac{8,6 * 10^{-2} * B}{\sqrt{V}}, \quad (5)$$

где B - среднемесячная сумма радиационного баланса для рассматриваемого элемента поверхности, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2\cdot\text{мес}}$.

Поправка к температуре воздуха за счет испарения Δt_e рассчитывается по формуле, приведенной выше методики [4].

В каждый момент времени на земной поверхности осуществляется приходо-расход лучистой энергии. Алгебраическая сумма приходных и расходных составляющих радиации называется радиационным балансом B , уравнение которого имеет вид

$$B = Q - R - E_{\text{эф}}, \quad (6)$$

где Q – суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая на горизонтальную поверхность, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{мес}$. Значения Q приведены в таблице 8.1 СП 131.13330.2012 [2];

R – отраженная от поверхности радиация, рассчитываемая по формуле

$$R = 10^{-2} * A * Q, \quad (7)$$

где A – альbedo поверхности, характеризующее ее отражательную способность, %. Значения альbedo для различных поверхностей определяется эмпирически и приводятся в соответствующих справочных пособиях. В таблице 2 приведены значения альbedo для тех поверхностей, которые были использованы в данном исследовании [5].

Наряду с коротковолновой радиацией к земной поверхности поступает длинноволновое излучение атмосферы (встречное излучение) E_a . В свою очередь, земная поверхность излучает длинноволновую радиацию, соответствующую своей температуре (собственное излучение) - $E_з$.

Разность собственного излучения земной поверхности и атмосферы называется эффективным излучением, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{мес}$:

$$E_{\text{эф}} = E_з - E_a. \quad (8)$$

Таблица 1 – Значения коэффициента k для учета поправок температуры наружного воздуха на испарение

Вид поверхности	Значение k
Горизонтальная поверхность с естественным растительным покровом	0,8
Оголенная грунтовая поверхность	
В уровне окружающей территории	0,6
Поднятая над окружающей территорией	0,2
Откос 1:1,5 южной ориентации	0,2
Откос 1:1,5 северной ориентации	0,5
Откос 1:1,5 восточной и западной ориентации	0,4
Вертикальная поверхность, юг	0,2
Вертикальная поверхность, север	0,2
Вертикальная поверхность, восток - запад	0,2
Поверхность из искусственных материалов для любого наклона и ориентации	0,1

Расчет солнечной радиации, поступающей на наклонную поверхность, производится по данным суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), поступающей на горизонтальную (таблица 8.1) и вертикальную (таблица 9.1) поверхности при безоблачном небе [2] по формуле [5]:

$$Q_{\text{скл}} = Q_{\text{в}} \sin \beta + Q_{\text{г}} \cos \beta, \quad (9)$$

где $Q_{\text{в}}$ - суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая на вертикальную поверхность при безоблачном небе, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{мес}$;

$Q_{\text{г}}$ - суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{мес}$;

β – крутизна склона (угол, который наклонная поверхность составляет с горизонтальной плоскостью).

Пример расчета температурных поправок по актуализированной методике

По приведенной выше методике был произведен расчет температурных полей поверхности земли в лесу; на полосе отвода автомобильной дороги (на поверхности земли с естественным растительным покровом) (а); на откосах насыпи земляного полотна: откос южной ориентации (б), откос северной ориентации (в); на обочине проезжей части (г) и на самой проезжей части (д). На рисунке 1 представлены данные поверхности.

Объектом данного исследования является участок автомобильной дороги «Амур» Чита-Хабаровск в Сквородинском районе Амурской области.

Источниками климатических данных для исследования являлись СП 131.13330.2012 (таблица 2), Интернет-ресурс [6] (таблица 3), литературный источник [5] (таблица 4) и данные метеорологической станции Благовещенск (таблица 5).

Таблица 2 – Среднемесячная температура воздуха, °С

Характеристика	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя температура воздуха, °С	-22,3	-17,2	-7,2	4,2	12,5	19,1	21,7	19,4	12,4	2,9	-10,4	-20,4

Таблица 3 – Средняя скорость ветра, м/с

Характеристика	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя скорость ветра, м/с	1,5	2,0	3,0	3,9	3,8	2,8	2,5	2,3	2,8	2,8	2,4	1,5

75

Таблица 4 – Альbedo поверхности метеорологической площадки, %

Характеристика	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Альbedo поверхности, %	67	63	55	31	20	21	23	24	24	37	65	71

Таблица 5 – Высота снежного покрова по декадам, см

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1-я декада	26	40	46	22	0	-	-	-	0	0,1	2	10
2-я декада	32	44	45	3	0	-	-	-	0	0,8	4	16
3-я декада	36	45	37	0,2	0	-	-	-	0	0,8	6	21
Образование и разрушение устойчивого снежного покрова										28.XI – 6.IV		

Отдельное внимание следует уделить формированию температурного поля поверхности земли в лесном массиве (до строительства автомобильной дороги).

В соответствии с данными работы [7] радиационный баланс в лесу составляет примерно 40% от величины радиационного баланса в поле. Кроме того, вдвое уменьшается коэффициент теплообмена, так как скорость ветра в лесу незначительна [8]. А поправка на испарение для леса принимается такой же, как и для поверхности с естественным растительным покровом: несмотря на то, что температура в лесу ниже, объем испаряющей поверхности гораздо больше.

Таблица 6 – Альbedo некоторых материалов и поверхностей, %

Характеристика поверхности	А, %
Еловые среднетаежные леса. Высокий ельник, местами береза, сосна. Сомкнутость крон 0,6 – 0,7. Цвет поверхности темно-зеленый	12
Щебень	18
Асфальтобетонное покрытие	10
Снег сухой свежевypавший	85
Снег плотный сухой чистый	70
Снег плотный слежавшийся сухой	60
Снег мокрый пористый свето-серого цвета	40
Снег, пропитанный водой, серого цвета	30

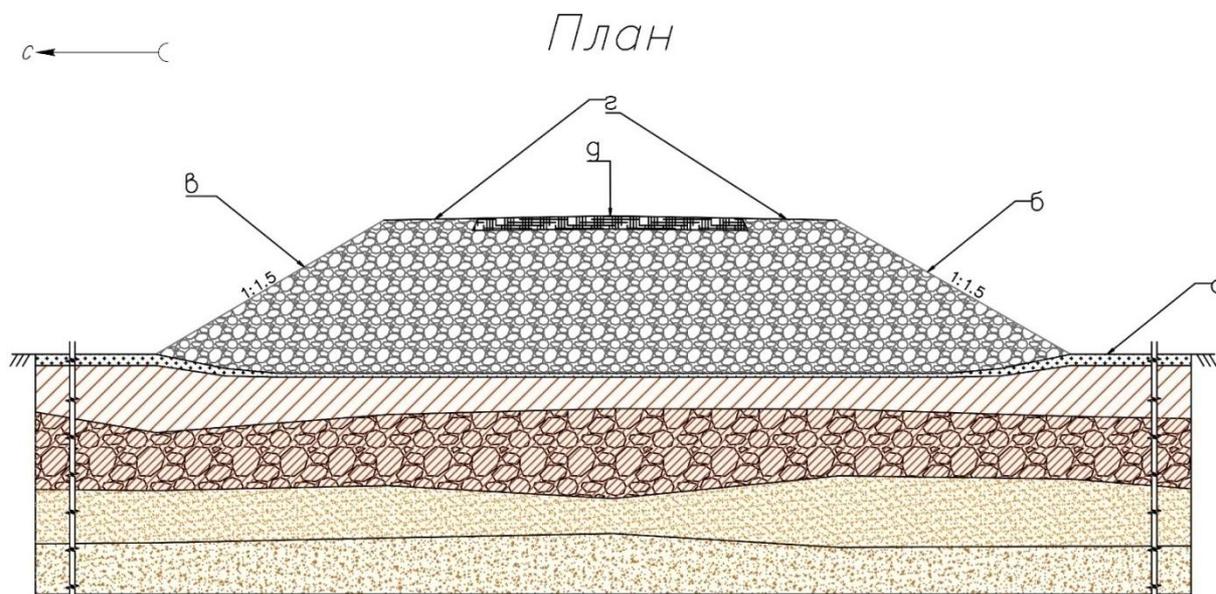


Рис. 1. Исследуемые поверхности земляного полотна и основания автомобильной дороги

Результаты расчетов температурных полей были сведены в таблицу (Таблица 7) и по этим данным построены соответствующие графики, позволяющие проследить изменения температур каждой поверхности (Рис. 2).

Таблица 7 – Среднемесячные и годовые температуры поверхностей исследуемого участка по месяцам

Поверхность	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя температура воздуха	-22,3	-17,2	-7,2	4,2	12,5	19,1	21,7	19,4	12,4	2,9	-10,4	-20,4	1,2
Полоса отвода (а)	-22,4	-17,2	-6,9	4,9	13,8	20,7	23,4	20,8	13,3	3,2	-10,4	-20,6	1,9
Откос насыпи южной ориентации (б)	-21,0	-15,7	-3,3	8,5	18,8	26,7	30,0	27,3	18,4	2,7	-9,4	-18,5	5,4
Откос насыпи северной ориентации (в)	-22,5	-17,3	-6,3	5,9	15,5	23,2	26,0	23,0	14,3	2,4	-10,5	-20,7	2,8
Обочины проезжей части (г)	-22,5	-17,2	-5,2	7,2	17,7	25,9	28,9	25,6	16,2	2,2	-10,4	-20,8	4,0
Проезжая часть (д)	-21,4	-15,5	-3,7	8,3	18,2	26,5	29,6	26,2	16,6	5,1	-9,1	-20,0	5,1

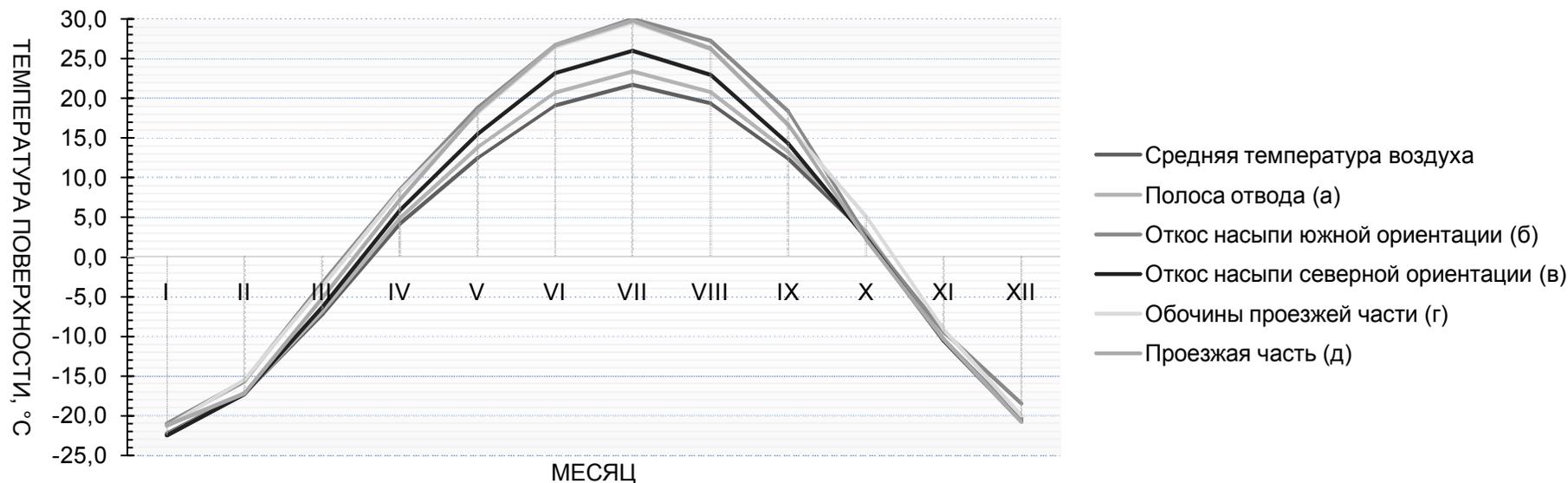


Рисунок 2 – Температурные поля поверхностей по месяцам

Заключение

Для предварительной оценки полученных результатов исследования можно сравнить данные температур поверхности земли в лесном массиве и поверхности полосы отвода автомобильной дороги (поверхности земли с естественным растительным покровом). Разница среднегодовых температур между данными поверхностями составляет 1,6 °С, что уже является достаточным для начала деградации высокотемпературной многолетней мерзлоты. Таким образом, создание полосы отвода автомобильной дороги, которое сопровождается валкой леса, может стать причиной развития неблагоприятных мерзлотных процессов.

Кроме того, на тепловой баланс многолетнемерзлых грунтов будет оказывать существенное воздействие теплота земляного полотна. Оценку степени влияния земляного полотна на тепловой баланс многолетнемерзлого основания следует проводить методом математического моделирования теплового процесса на ЭВМ с учетом теплотехнических характеристик инженерно-геологических элементов, слагающих как земляное полотно, так и само основание.

Предлагаемая методика, основываясь на существующих исследованиях, позволяет использовать в расчетах современные нормативно-техническую документацию и источники данных, что позволяет существенно упростить алгоритм получения искомых величин.

Библиографический список

1. Свод правил СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / М.: Госстрой России, 2012. – С. 110
2. Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / М.: Минрегион России, 2012. – С. 115
3. Рекомендации по методике прогноза изменений мерзлотно-грунтовых условий при строительстве и эксплуатации сооружений на трассе БАМ. Проект, ОАО ЦНИИС, М., 1976. – С. 176
4. Вербух, Н.Ф. Конструктивные решения земляного полотна и искусственных сооружений на автомобильных дорогах для условий Центральной Якутии: дис. канд.техн.наук : 05.23.11. / Н.Ф. Вербух; ОАО ЦНИИС. – Москва, 2008. – С. 220
5. Справочник по климату СССР. Выпуск 25. Амурская область, Еврейская автономная область и Хабаровский край. Часть I. Солнечная радиация, солнечный баланс и солнечное сияние. Л.: Гидрометеоздат. - 1966. – С. 72.
6. Архив климатических данных [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://pogoda-service.ru>
7. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. Институт мерзлотоведения Северного отделения АН СССР. - Якутск, 1973. – С. 119
8. Эйтинген Г.Р. Лесоводство - М: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949 – С.368.

FORMING OF THE TEMPERATURE PROFILE OF GROUND SURFACE INTO ACCOUNT THE CHANGE OF TERMS LOCALITY AT BUILDING OF HIGHWAYS THROUGH THE FOREST

D. E. Toktarev, E.A. Bedrin

Abstract - In the article a method over of determination of the temperature field of surface of earthen linen is brought taking into account the change of amount an acting sun radiation and intensity of evaporation of moisture at building of highways through the forest, actual for calculations with the use of modern normative documents. And also an example of calculation of temperatures of different surfaces is made for conditions of Skovorodinsky district of the Amur area and a temperature statement of earthen linen analysis is executed from point of conservation of permafrost

Keywords: Thermal mode of permafrost soils, solar radiation, permafrost degradation, stability of foundation of earthen linen

Токтарев Дмитрий Евгеньевич (Россия, Омск) – магистрант ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5; e-mail: demonte@inbox.ru).

Бедрин Евгений Андреевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Управление проектами в строительстве ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5; e-mail: bedrin-ea@yandex.ru).

Toktarev Dmitry Evgenevich (Russian Federation, Omsk) – undergraduate, FSBEI HE «SibADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5; e-mail: demonte@inbox.ru).

Bedrin Evgeny Andreevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of engineering sciences, associate Professor, FSBEI HE «SibADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: bedrin-ea@yandex.ru).

УДК 625.7

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ И СМЕТНОГО НОРМИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А.Б. Цырульникова, Е.К. Хомченко

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассмотрены современные вопросы инвестирования, сметного нормирования и ценообразования в дорожной отрасли. Основное содержание составляет анализ новой сметно-нормативной базы. Обоснована необходимость соблюдения точности при выполнении сметных расчетов. На основе рассмотрения процесса инвестирования строительства с точки зрения рационального использования бюджетных средств, авторы выявили причины и результаты принятия новой сметно-нормативной базы (ГЭСН-2001, ред. 2017 г.).

Ключевые слова: инвестиции, сметно-нормативная база, ценообразование.

Введение

Инвестиционный процесс в строительстве осуществляется в форме капитальных вложений. Как правило, для проектов дорожной отрасли привлекаются бюджетные средства. Согласно федеральному закону [1, 2] о контрактной системе при прочих равных условиях конкурс на строительство дороги выигрывает участник, предложивший наименьшую цену. Экономия денежных средств может быть обусловлена применением инноваций. Однако, внедрение новшеств и их детальное экономическое обоснование невозможно без учета изменений в сметном нормировании и ценообразовании.

В целях снижения нагрузки на государственный бюджет при реализации дорожных проектов предусмотрена возможность привлечения внебюджетных источников финансирования, в том числе средств внешних и внутренних займов, кредитов, облигационных займов, средств частных инвесторов, грантов для строительства и содержания автомобильных дорог федерального и регионального значения, внедрение принципов государственно-частного партнерства в дорожном хозяйстве. При этом обоснование цены реализации проекта и в этих условиях не теряет своей актуальности.

Инвестиции, сметное нормирование и ценообразование в дорожной отрасли

История сметного ценообразования в России насчитывает уже более двухсот лет. Первые строительные реестры были приняты в 1811 году и включали в себя нормы расхода транспортных средств, материалов, рабочей силы. С течением времени нормативные документы перерабатывались, в них вносилось все больше изменений. Позднее, в 1955-1956 г.г. сметные нормы вошли в состав СНиП. Примерно раз в десять лет сметные нормы обновлялись, до тех пор, пока в 2001 году не была внедрена новая сметно-нормативная база (СНБ-2001). Тем не менее, быстрое распространение новых строительных технологий привело к запаздыванию их подкрепления в обновляемой сметно-нормативной базе. Со временем база 2001 года перестала обладать полнотой информации об актуальных изменениях в строительстве. В 2008 и 2014 годах база была дважды обновлена. Наконец, 31 марта 2017 года сметно-нормативная база 2001 года в третьей редакции вступила в силу [3, 4, 5].

Почему новые технологии требуют обновления сметно-нормативной базы? Все дело в том, что зачастую эти обновления касаются не просто формального переименования существующих таблиц. Сметные нормы дополняются новыми видами работ, изменяются нормы в приведенных ранее таблицах, в том числе может меняться состав работ. Это позволяет учесть повышение производительности труда, уменьшение трудоемкости. Следовательно, уменьшаются производственные затраты, растет прибыль предприятия. Другими словами, внедрение новых технологий и материалов, опирающихся на обновленные финансовые нормативы, помогает

участникам строительного процесса снижать затраты и повышать эффективность принимаемых конструктивно-технологических решений.

Многие авторы связывают повышение экономической эффективности принимаемых конструктивно-технологических решений только с совершенствованием сметной нормативной базы. Анализируя изменения, введенные в редакции 2014 года, П.В. Горячкин приходит к неутешительному выводу, что устаревшие сметные нормативы постоянно переиздаются с небольшими изменениями и выдаются как новые разработки. Хотя по заявлениям разработчиков отличием новой редакции государственных сметных нормативов от ранее действовавшей нормативной базы является включение в нее большого количества изменений и дополнений к нормам и расценкам практически во всех сборниках.

Проведенный анализ показывает, что нормы и показатели введенных Государственных сметных нормативов являются слегка отредактированными сметными нормами, разработанными в советское время (СНиП-84 и СНиП-91). Зачастую изменения в действующей сметно-нормативной базе строительства имеют «косметический» характер, не затрагивая концептуальных основ нормирования, и не меняют их сущность, основанную на механизме административного планирования и управления инвестиционно-строительной деятельностью. Корректировка показателей редакционного характера выполняется без необходимых обоснований и экономических расчетов, без проведения формальных процедур, регламентов и экспертиз, без профессиональной оценки отдельных нормативов и баз данных в целом [6]. Положительным примером можно считать и появление в 2009 году нового сборника ГЭСНс 81-06-01-2001 Государственные элементные сметные нормы на работы по содержанию автомобильных дорог общего пользования и мостовых сооружений на них.

Выясним, какие изменения произошли в третьей редакции (2017 г) сметно-нормативной базы 2001 года. Анализ проведем на примере сборника ГЭСН 81-02-27-2001 «Автомобильные дороги».

Таблица 1 – Анализ изменений сметно-нормативной базы

Номер таблицы ГЭСН	Вид работ по сборнику	Наличие/отсутствие таблицы в сборнике ГЭСН редакции			
		2001	2009	2014	2017
1	2	3	4	5	6
27-02-004	Устройство водосбросных сооружений с проезжей части из лотков в откосах насыпи				
27-02-006	Устройство водосбросных сооружений с проезжей части из водоприемных колодцев				
27-02-007	Устройство водосбросных сооружений с проезжей части из открытых лотков на обочинах				
27-02-008	Устройство водосбросных сооружений с проезжей части из гасителей				
27-02-009	Укрепление площадки за шпорами гасителя сборными бетонными плитами при размываемых грунтах				
27-02-015	Устройство бортового камня из монолитного бетона бетоноукладчиком-планировщиком со скользящими формами				
27-04-003	Устройство оснований и покрытий из песчано-гравийных или щебеночно-песчаных смесей				
27-05-005	Устройство мощеных подзоров и отмосток толщиной 10 см				
27-06-031 27-06-032	Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками типа "VOGELE"; Нормы корректировки				
27-06-033	Устройство дорожного покрытия средней толщиной 8 см комплексом "REMIXER" методом регенерации				

27-06-034	Устройство дорожного покрытия толщиной 4 см из литой асфальтобетонной смеси на проезжей части мостовых сооружений				
27-08-001	Устройство укрепительных полос и укрепление обочин				
27-09-001	Устройство защитных ограждений				
27-09-020	Монтаж искусственной дорожной неровности (ИДН)				
27-09-021	Установка световозвращающих элементов типа КД-3 3М серия 290 (катафоты белые двусторонние RPM-290-2W) на автодорогах				
27-09-022	Устройство цветного противоскользящего дорожного покрытия				
27-09-030	Устройство вертикальной дорожной разметки на металлических барьерных ограждениях из защитных пластиковых панелей				
27-07-005	Устройство покрытий из тротуарной плитки				
27-07-006	Устройство покрытия дорожек и тротуаров из горячих асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками типа "VOGELE" малых типоразмеров				
27-07-007	Устройство внутриквартальных щебеночных дорожек и площадок из щебня				
27-12-005	Устройство и разборка временных лежневых дорог				
27-06-053	Виброрезонансная деструктуризация цементобетонных плит покрытий и оснований дорожных одежд				
27-06-066	Устройство малых монолитных форм с использованием бетоноукладчика на гусеничном ходу со скользящей опалубкой				
27-09-033	Устройство шумовых полос на асфальтобетонном покрытии методом фрезерования				
27-06-055	Устройство одиночной шероховатой поверхностной обработки из битума и черного щебня с применением битумощебнераспределителя ДС-180				
27-06-060	Фрезерование покрытий толщиной до 15 см из холодных асфальтобетонных и органоминеральных смесей с использованием импортного ресайклер-стабилизатора грунта				
27-06-065	Стабилизация глинистых грунтов оснований полимерами для стабилизации грунта				
27-09-032	Нанесение вертикальной разметки на железобетонное барьерное ограждение и бетонный бордюр				
Примечание: Оранжевым цветом обозначены отсутствующие таблицы в базе прошлых редакций или удаленные из новой. Зеленым – таблицы, добавленные в этой редакции. Синим – уточненные таблицы.					

Анализ показал, что существенные изменения произошли в базе 2009 года – 21 новая таблица. В редакции ГЭСН 2014 года изменения не существенны – только три новых таблицы.

Изменения связаны не только с появлением новых, но и с изменением существующих ранее таблиц. Так, в редакции ГЭСН 2017 года появилось четыре новых и 18 уточненных таблиц. Кроме того, три таблицы, добавленные в редакции 2009 года, были исключены в редакции 2017 года. Видимо нормирование этих технологий оказалось невостребованным.

В обновлённых (*актуализированных*) ГЭСН уточнения касаются и используемых машин. Например, таблицу 27-06-031 «Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками типа "VOGELE"» переименовали в «Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей *импортными* асфальтоукладчиками *третьего и четвертого типоразмеров*».

Очевидно, что ценообразование и сметное нормирование в строительстве существенно определяет эффективность обоснования, привлечения и использования инвестиций. В последние годы Правительством РФ часто декларируется необходимость проведения ряда мер, направленных на повышение эффективности расходов на дорожное хозяйство, в том числе на повышение срока службы дорожных сооружений, снижение стоимости и сокращение сроков дорожных работ, повышение качества работ, совершенствование системы планирования, системы ценообразования, повышение эффективности системы закупок для нужд отрасли, применение новых материалов и других.

Особенности дорожной отрасли диктуют необходимость определенной регламентации ценообразования в целях обеспечения его прозрачности и возможности государственного контроля, а также регулирования процесса формирования цен. Действующая нормативная система ценообразования имеет ряд недостатков (использование устаревших норм, технологий, машин, механизмов и материалов, отсутствие единых методик, приемов и процедур определения стоимости и т.п.), приводящих к ее неэффективности. Существенным недостатком является отсутствие экономических стимулов для заказчика, проектировщика и подрядчика к снижению стоимости работ и внедрению новых, более эффективных технологий и материалов (система стимулирует затратный механизм и заинтересованность всех участников в использовании более дорогих конструкций и материалов).

Регулирование вопросов ценообразования Российской Федерации осуществляет Федеральный центр по ценообразованию в строительстве (ФЦЦС). А также его региональные представительства (РЦЦС). Очевидно, что сметно-нормативная база 2017 года тоже несовершенна. Её нормы и расценки быстро устареют. В связи с этим Минстрой РФ намерен не только обновлять устаревшие сметно-нормативные базы и методические документы, но и запустить программу информационной и технической модернизации ценообразования в строительстве на основе разрабатываемой сейчас Федеральной государственной информационной системы Ценообразование в строительстве (ФГИС ЦС). Смысл этих преобразований – предоставить единый механизм ценообразования в строительной области, основанный на мониторинге и актуализации текущих цен на ресурсы, оборудование, материалы и труд с помощью современных, единых для отрасли методик расчета как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функции ФГИС ЦС

На первом этапе разработкой будет заниматься «Федеральный центр ценообразования в строительстве» (ФАУ «ФЦЦС»). После объединения двух учреждений ФАУ «ФЦЦС» и ФАУ «Главгосэкспертиза» оператором ГИС ЦС будет «Главгосэкспертиза». По мнению авторов концепции реформы, комплекс разработанных мер уже в скором времени позволит значительно экономить бюджетные средства, выделяемые на капитальное строительство [7].

В связи с вышесказанным инвесторы, застройщики, заказчики, а также все, кто заинтересован в эффективной реализации капитальных вложений, придают все больше внимания правильному выполнению сметных расчетов. Невозможно создать конкурентоспособный проект, не учитывая денежные ограничения. Не найдется инвестора, который хотел бы бесконечно вкладывать денежные средства в строительство. Заинтересованность в точных сметных расчетах, основанных на новой, современной сметно-нормативной базе, начиная со стадии сбора предпроектной документации до заключительной стадии строительства, является главной целью участников строительного процесса.

Заключение

1. За последние годы произошли важные изменения в ценообразовании в дорожной отрасли Российской Федерации. Возросла значимость оценки стоимости капитальных вложений.

2. Необходимо уделять внимание прогнозированию изменений стоимости строительства, что повлияет на размеры предполагаемых инвестиций.

3. Достижение эффективности и экономичности в строительстве происходит при использовании актуальной сметно-нормативной базы, которая нуждается в своевременном обновлении.

4. Совершенствование системы ценообразования должно обеспечить решение следующих задач:

- упрощение системы ценообразования, определения и контроля стоимости работ, обеспечение прозрачности и простоты ценообразования;

- формирование конкурентной среды и предупреждение монополизма на рынке подрядных работ;

- стимулирование эффективного расходования финансовых и материальных ресурсов подрядчиками, а также снижения стоимости работ.

Библиографический список

1. Закон № 44-ФЗ с изменениями на 28.03.2017 г. [Электрон. ресурс]: - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499011838> (дата обращения 20.04.2017)

2. Закон № 223-ФЗ с изменениями на 28.12.2016 г. [Электрон. ресурс]: - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902289896> (дата обращения 20.04.2017)

3. Приказ Минстроя России от 30.12.2016 г. № 1038/пр. «Об утверждении сметных нормативов» [Электрон. ресурс]: - Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/docs/13419/> (дата обращения 20.04.2017)

4. Приказ Минстроя России от 30.12.2016 г. № 1039/пр. «Об утверждении федеральных единичных расценок» [Электрон. ресурс]: - Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/docs/13420/> (дата обращения 20.04.2017)

5. Приказ Минстроя России от 24.01.2017 г. № 41/пр. «О внесении изменений в федеральный реестр сметных нормативов» [Электрон. ресурс]: - Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/docs/13431/> (дата обращения 20.04.2017)

6. Горячкин П.В. Анализ сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве Минстроя России в новой редакции 2014 года^ Экспертно-аналитический доклад / П.В. Горячкин, Н.Э. Айрапетян – М.: 2014. – 46 с.

7. Сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства России - Постановление о создании информационной системы ценообразование в строительстве [Электрон. ресурс]: - Режим доступа: http://www.minstroyrf.ru/press/podpisano-postanovlenie-o-sozdanii-informatsionnoy-sistemy-tsenoobrazovaniya-v-stroitelstve/?sphrase_id=309451 (дата обращения 20.04.2017)

PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE PRICING SYSTEM AND ESTIMATE NORMATING IN ROAD CONSTRUCTION

A.B. Tsyrlnikova, E.K. Khomchenko

Abstract. *The article deals with modern issues of investment, estimate norming and pricing in the road industry. The main content is the analysis of the new estimate-normative base. The necessity of observing the accuracy in the execution of estimates is justified. Based on the consideration of the process of investing in construction from the point of view of rational use of budgetary funds, the authors showed the reasons and results of adopting a new estimate-normative base (GESN-2001, ed., 2017).*

Keywords: *investments, estimate-normative base, pricing.*

Цырульниковая Альбина Борисовна (Россия, Омск) – старший преподаватель кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pab1992@list.ru).

Хомченко Евгений Константинович (Россия, Омск) – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: evgeny-97@mail.ru).

Tsyrunikova Albina Borisovna (Russian Federation, Omsk) - senior lecturer of the department Economics and Project Management in Transport Construction of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: pab1992@list.ru).

Khomchenko Evgeniy Konstantinovich (Russian Federation, Omsk) - student of the of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: evgeny-97@mail.ru).

УДК 656.01

КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОХОДОВ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СТРУКТУР АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ НЕОИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

А.В. Михайлов, Е.В. Романенко

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы повышения доходов предпринимательских структур автотранспортного комплекса в условиях неоиндустриализации. Определена роль автомобильного транспорта в национальной экономике. Проведен анализ экономического понятия дохода автотранспортного предприятия. Сделаны выводы о необходимости введения дополнительных мер по повышению доходов предпринимательских структур автотранспортного комплекса в условиях неоиндустриализации и перехода экономики России на траекторию инновационного развития.

Ключевые слова: клиентоориентированный подход, доходы, инновационная экономика, предпринимательские структуры, автотранспортный комплекс, неоиндустриализация.

Введение

Одной из важнейших особенностей развития мировой экономики на рубеже XX-XXI вв. является резкое повышение значимости предприятий автотранспортного комплекса. В нашей стране возникла достаточно сложная ситуация, связанная с их развитием. При этом в условиях неоиндустриализации и активизации инновационных процессов происходит качественная переоценка роли предпринимательских структур автотранспортного комплекса, они перестают рассматриваться как малопроизводительные и устаревшие, а признаются важной движущей силой развития национальных экономик, повышающей их гибкость, адаптивность и инновационность, а также укрепляющую социальную стабильность [1].

Автомобильный транспорт является одной из важнейших отраслей национального хозяйства и имеет крупнейшее значение в общей транспортной системе страны в условиях неоиндустриализации. Наряду с другими видами транспорта он составляет основу транспортной системы и обеспечивает производственно-экономические связи различных отраслей, размещение производительных сил на территории России, социально-экономические и культурные потребности населения и экономическое развитие за счет работ и услуг, выполняемых в сфере автотранспортной деятельности. Автотранспортный комплекс обеспечивает такие важнейшие категории как жизнедеятельность государства, национальная безопасность и целостность. Транспорт обслуживает все предприятия и отрасли национального хозяйства независимо от форм собственности. Он широко используется для городских и пригородных, внутрирайонных и внутриобластных, междугородных и международных перевозок грузов и пассажиров.

Автомобильный транспорт России это наиболее массовый вид транспорта и развивается он как неотъемлемая часть единой транспортной системы страны. В современных условиях дальнейшее развитие экономики немыслимо без хорошо организованного транспортного обеспечения. От его чёткости и надёжности во многом зависят трудовой ритм, рациональное производство и обращение продукции промышленности и сельского хозяйства, автомобильный транспорт удовлетворяет потребности населения в перевозках. Конечным результатом деятельности предпринимательской структуры автотранспортного комплекса является полученная им прибыль.

Экономическое понятие дохода

Доходы – конечная цель действия любого субъекта рыночной экономики. Доходами признаются средства в денежной или натуральной форме, получаемые экономическими объектами в результате их экономической деятельности. Под доходами предприятия подразумевается увеличение экономических выгод в результате поступления денежных средств, иного имущества и (или) погашения обязательств, приводящее к увеличению капитала [2].

В соответствии с Положением по бухгалтерскому учету «Доходы организации» Положение по бухгалтерскому учету 9/99, в зависимости от характера, условия получения и направления деятельности организации доходы подразделяются на: доходы от обычных видов деятельности, прочие доходы [3].

Доходы, отличные от доходов от обычных видов деятельности, считаются прочими поступлениями. Для целей бухгалтерского учета организация самостоятельно признает поступления доходами от обычных видов деятельности или прочими поступлениями исходя из требований Положения по бухгалтерскому учету, характера своей деятельности, вида доходов и условий их получения. Доходами от обычных видов деятельности является выручка от продажи продукции и товаров, поступления, связанные с выполнением работ, оказанием услуг. В организациях, предметом деятельности которых является предоставление за плату во временное пользование (временное владение и пользование) своих активов по договору аренды, выручкой считаются поступления, получение которых связано с этой деятельностью (лицензионные платежи за пользование объектами интеллектуальной собственности).

Прочими доходами являются: поступления, связанные с предоставлением за плату во временное пользование (временное владение и пользование) активов автотранспортного предприятия, поступления, связанные с предоставлением за плату прав, возникающих из патентов на изобретения, промышленные образцы и других видов интеллектуальной собственности, поступления, связанные с участием в уставных капиталах других организаций (включая проценты и иные доходы по ценным бумагам), поступления от продажи основных средств и иных активов, отличных от денежных средств (кроме иностранной валюты), продукции, товаров, проценты, полученные за предоставление в пользование денежных средств автотранспортного предприятия, а также проценты за использование банком денежных средств, находящихся на счете автотранспортного предприятия в этом банке. Также к прочим доходам относятся: штрафы, пени, неустойки за нарушение условий договоров, активы, полученные безвозмездно, в том числе по договору дарения, поступления в возмещение причиненных автотранспортной организации убытков, прибыль прошлых лет, выявленная в отчетном году, суммы кредиторской и депонентской задолженности, по которым истек срок исковой давности, курсовые разницы, прочие доходы. Прочими доходами также являются поступления, возникающие как последствия чрезвычайных обстоятельств хозяйственной деятельности (стихийного бедствия, пожара, аварии, национализации и т.п.): стоимость материальных ценностей, остающихся от списания непригодных к восстановлению и дальнейшему использованию активов, и т.п. Если в отношении денежных средств и иных активов, полученных организацией в оплату, не исполнено хотя бы одно из названных условий, то в бухгалтерском учете автотранспортного предприятия признается кредиторская задолженность, а не выручка. Согласно Положению по бухгалтерскому учету «Доходы организации» Положения по бухгалтерскому учету 9/99 не признаются доходами организации поступления от других юридических и физических лиц: сумм налога на добавленную стоимость, акцизов, налога с продаж, экспортных пошлин и иных аналогичных обязательных платежей, также это поступления от юридических и физических лиц в порядке предварительной оплаты продукции, товаров, работ, услуг; авансов в счет оплаты продукции, товаров, работ, услуг; задатка; в залог, если договором предусмотрена передача заложенного имущества залогодержателю; в погашение кредита, займа, предоставленного заемщику [3].

Согласно Налоговому кодексу Российской Федерации к доходам относятся: доходы от реализации товаров (работ, услуг) и имущественных прав, внереализационные доходы. При определении доходов из них исключаются суммы налогов, предъявленные в соответствии с Налоговым кодексом Российской Федерации налогоплательщиком покупателю товаров (работ, услуг, имущественных прав). Доходы определяются на основании первичных документов и других документов, подтверждающих полученные налогоплательщиком доходы, и документов налогового учета. Полученные налогоплательщиком доходы, стоимость которых выражена в иностранной валюте, учитываются в совокупности с доходами, стоимость которых выражена в рублях. Полученные налогоплательщиком доходы, стоимость которых выражена в условных единицах, учитываются в совокупности с доходами, стоимость которых выражена в рублях. Пересчет указанных доходов производится налогоплательщиком в зависимости от выбранного в учетной политике для целей налогообложения метода признания доходов. В соответствии с Налоговым кодексом Российской Федерации существует 2 метода признания доходов: метод начисления, кассовый метод [4].

При кассовом методе доходы признаются в день поступления денежных средств либо погашения дебиторской задолженности иными способами, предусмотренными гражданским законодательством. Датой получения дохода от реализации для целей налогообложения признается день отгрузки или передачи товаров, работ, услуг, имущественных прав. Для внереализационных доходов дата их получения устанавливается индивидуально, в зависимости от вида дохода.

Доходом от реализации признаётся выручка от реализации товаров (работ, услуг) как собственного производства, так и ранее приобретенных, выручка от реализации имущественных прав. Выручка от реализации определяется исходя из всех поступлений, связанных с расчетами за реализованные товары (работы, услуги) или имущественные права, выраженные в денежной и (или) натуральной формах. Внереализационными доходами налогоплательщика признаются такие доходы как: доходы от долевого участия в других организациях, в виде положительной (отрицательной) курсовой разницы, образующейся вследствие отклонения курса продажи (покупки) иностранной валюты от официального курса, установленного Центральным банком Российской Федерации на дату перехода права собственности на иностранную валюту, в виде признанных должником или подлежащих уплате должником на основании решения суда, вступившего в законную силу, штрафов, пеней и (или) иных санкций за нарушение договорных обязательств, а также сумм возмещения убытков или ущерба, от сдачи имущества (включая земельные участки) в аренду, от предоставления в пользование прав на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации и другие [5].

Также в экономической теории доходы в зависимости от направлений деятельности автотранспортного предприятия (основной (обычной), инвестиционной и финансовой) подразделяются на: доход от основной деятельности – это выручка от реализации продукции (выполненных работ, оказанных услуг), доход от инвестиционной деятельности – финансовый результат от продажи внеоборотных активов, реализации ценных бумаг, доход от финансовой деятельности (включает в себя результат от размещения среди инвесторов облигаций и акций автотранспортного предприятия).

Необходимо различать такие понятия как выручка и доход. Если выручкой признается совокупность денежных средств которые получены за реализованные товары, услуги или продукцию и которые должны быть гарантировано получены субъектом хозяйственной деятельности, то доходом является показатель указывающий на разницу между выручкой, полученной от реализации продукции, услуг или товаров и их себестоимостью. При этом если нет затрат на материалы при оказании определенных услуг, то доход равняется выручке. Доход – это величина, на которую вырастает капитал автотранспортного предприятия, а вырасти капитал может как за счет своей деятельности, так и внесения вкладов собственниками автотранспортного предприятия. Выручка от реализации – это та совокупность денежных средств, которая поступила за определенный период в результате основной деятельности автотранспортного предприятия [3].

Выручка признается в бухгалтерском учете при наличии следующих условий: автотранспортное предприятие имеет право на получение этой выручки, вытекающее из конкретного договора или подтвержденное иным соответствующим образом, сумма выручки может быть определена, имеется уверенность в том, что в результате конкретной операции произойдет увеличение экономических выгод автотранспортного предприятия. Уверенность в том, что в результате конкретной операции произойдет увеличение экономических выгод автотранспортного предприятия, имеется в случае, когда автотранспортное предприятие получило в оплату актив либо отсутствует неопределенность в отношении получения актива, право собственности на продукцию перешло от автотранспортного предприятия к покупателю или работа принята заказчиком (услуга оказана), расходы, которые произведены или будут произведены в связи с этой операцией, могут быть определены.

Выручка от реализации продукции (товаров, работ, услуг) служит основным источником финансовых потоков на автотранспортном предприятии. Выручка от реализации и методы определения момента реализации имеют существенное значение для расчета финансовых показателей. В отечественной практике применяются два метода определения момента реализации: по отгрузке – метод начислений и по оплате – кассовый метод. Кассовый метод – выручкой считается поступившая на счета или в кассу предприятия денежная оплата или полученный в оплату обязательств товар. Метод начисления – выручка начисляется тогда, когда у потребителей возникают обязательства по оплате продукции или услуг предприятия.

Чаще всего начисление происходит в момент отгрузки потребителю продукции или предоставления услуг. Все предприятия, кроме малых, должны применять метод начислений и учитывать выручку от реализации продукции по факту отгрузки продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг [4, 5].

На выручку от реализации влияют такие факторы, как цена реализуемых товаров и объем продаж в натуральном выражении. Планирование выручки от реализации осуществляется одним из двух способов: метод прямого счета (выручка от реализации определяется как произведение цены без налогов в виде надбавок к цене на объем реализованной продукции (выполненных работ) в натуральном выражении) и расчетный метод (этот метод подразумевает сумму выпуска товарной продукции и остатков готовой продукции на складе и товаров отгруженных на начало периода, остатки готовой продукции на складе и товары, отгруженные на конец планируемого периода, отнимаются). Расчет осуществляется в ценах продаж; остатки на начало планируемого года оцениваются по ценам предыдущего года, товарный выпуск и остатки на конец планируемого года – в плановых ценах. Так же определяется полная себестоимость реализованной продукции, поскольку разница между выручкой от реализации продукции и ее полной себестоимостью составляет прибыль от продажи. Поступая на предприятие, выручка от реализации распределяется по направлениям возмещения потребленных средств производства, а также формирует валовой и чистый доход. Выручка от реализации должна покрывать совокупные затраты предприятия и приносить ему прибыль.

Валовой доход – это исчисленный в денежном выражении суммарный годовой доход автотранспортного предприятия, полученный в результате производства и продажи продукции, товаров, услуг. Чистый доход – это сумма дохода, остающегося в распоряжении автотранспортного предприятия, после выплаты из его валового дохода сумм налоговых платежей, входящих в цену продукции. К таким платежам относится налог на добавленную стоимость, акцизный сбор, таможенные пошлины и некоторые другие сборы.

Поступление выручки на денежные счета предприятия – завершение кругооборота средств. Дальнейшее использование поступивших средств – это начало нового кругооборота. Одновременно происходит распределение чистого дохода в интересах предприятия, физических лиц, государства, других заинтересованных лиц [6].

Формирование доходов предпринимательской структуры автотранспортного комплекса

Конечным результатом деятельности предпринимательской структуры автотранспортного комплекса признается полученная ей прибыль (убыток), которая определяется как разница между доходами и расходами. Доход – это сумма поступлений, полученных предпринимательской структурой автотранспортного комплекса в результате всех видов его деятельности в течение определенного периода. Величина дохода предпринимательской структуры автотранспортного комплекса – это произведение объема реализованных транспортных услуг и цены единицы этих услуг плюс доходы от иных видов деятельности [7].

Доходы предпринимательской структуры автотранспортного комплекса также делятся на группы:

- доходы от обычных видов деятельности (выручка от поступлений, связанных с выполнением перевозок грузов и пассажиров, предоставления автомобилей для обслуживания других организаций и предприятий, от предоставления автомобилей организациям и частным лицам на условиях проката, экспедиционного обслуживания, от погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых предпринимательской структурой автотранспортного комплекса и т. д.);

- прочие поступления (поступления от предоставления во временное пользование автомобилей и помещений предприятия, поступления от продажи основных средств и иных активов, отличных от денежных средств, образовавшихся на предприятии излишков запасных частей к автомобилям и др.);

- внереализационные доходы (штрафы, пени, неустойки, поступления от сторонних организаций в возмещение причиненных предпринимательской структуре автотранспортного комплекса убытков и др.);

- чрезвычайные доходы, т.е. поступления, возникающие как следствие чрезвычайных обстоятельств хозяйственной деятельности [7].

Доходы от грузовых перевозок при сдельной оплате труда водителей определяют как произведение сдельного тарифа на объем выполненной транспортной работы в тоннах. При почасовой оплате доходы определяют сложением произведения установленного тарифа на количество отработанных часов и суммы дополнительной оплаты за каждый километр пробега.

При покилометровой оплате доходы равны произведению установленного тарифа на общий пробег. Доходы от транспортно-экспедиционных операций зависят от категорий экспедируемого груза и составляют определенный процент от доходов, полученных при перевозке грузов.

К транспортно-экспедиционным операциям относят: консультирование клиентуры при выборе вида и средства транспорта с точки зрения его удобства, скорости, стоимости и сохранности доставки груза, консультирование по маршруту перевозки, организация доставки груза со склада до магистрального транспорта или со станции, из порта аэропорта до склада получателя, упаковка и переупаковка, маркировка и перемаркировка, комплектация грузовых партий, посредничество в заключении владельцем груза договоров с участниками процесса доставки, оказание помощи грузовладельцам в таможенных, санитарных, карантинных и других операциях, связанных с доставкой груза, передача груза перевозчику или его грузовому агенту с оформлением приемосдаточной, перевозочной и прочей необходимой документацией, организация хранения груза на складах, организация и выполнение собственными средствами погрузочно-разгрузочных работ, содействие в расчетах за товар и за выполнение операций связанных с доставкой товара, прием груза в пункте назначения, проверка числа мест, веса, состояния тары и упаковки и качества самого груза, оформление претензионной документации, производство расчетов за перевозку и погрузочно-разгрузочные работы в пунктах отправления и назначения груза, сортировка крупных партий груза по партиям, сортам, размерам, организация личного сопровождения груза в процессе доставки.

По погрузочно-разгрузочным работам, выполнению различных услуг и операций доходы предпринимательской структуры автотранспортного комплекса определяются в зависимости от установленного тарифа и выполненного объема работ. Погрузочно-разгрузочными работами признается комплекс мер, направленных на поднятие разнообразных грузов с целью их погрузки или выгрузки. Традиционно такие работы применяются для погрузки или выгрузки грузов вручную или при помощи специализированной техники. Также автотранспортные предприятия могут получать доходы за счет предоставления таких услуг как техническое обслуживание и ремонт транспортных средств. Техническое обслуживание и ремонт – это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности транспортных средств при использовании по назначению, ожидании и хранении. Данные мероприятия имеют профилактический характер, проводятся систематически, принудительно через установленные периоды, включают определенный комплекс работ. Для ускорения проведения расчетов доходов рекомендуется создать вариантную информационную базу по доходным ставкам на тонну, тонно-километр, платный километр и другие измерители [8, 9].

Факторы, влияющие на величину дохода автотранспортного предприятия: факторы, определяющие объем транспортных услуг, факторы, определяющие цены на транспортные услуги и другие виды услуг, выполняемых автотранспортным предприятием. К факторам, влияющим на доход при перевозке грузов относятся: объем выполняемых перевозок, структура перевозимых грузов, расстояние перевозки, выполнение плана по автомобиле-часам работы, при перевозке пассажиров: система действующих тарифов и их уровень, объем перевозок, расстояние поездки пассажиров.

В практике планирования для определения валовых доходов применяется аналитический метод расчета по укрупненным показателям (средней доходной ставке и выполненному объему работ). Доходная ставка – это доходы, приходящиеся на единицу выполненной транспортной работы. Средняя доходная ставка представляет собой отношение фактического дохода по данному виду перевозок к объему выполненной транспортной работы. Доходная ставка по грузовым перевозкам определяется как отношение доходной ставки по грузовым перевозкам к грузообороту. По пассажирским перевозкам доходная ставка определяется как отношение доходной ставки по пассажирским перевозкам к пассажирообороту.

Факторы, влияющие на ставку дохода при сдельных тарифах: структура перевозимых грузов и ее изменение, изменение расстояния перевозок, наличие специализированного подвижного состава. Факторы, влияющие на ставку дохода при почасовом тарифе: грузоподъемность, вместимость, структура парка, виды скидок, надбавок, порядок применения тарифов.

Эффективность деятельности предпринимательской структуры автотранспортного комплекса оценивается такими показателями как балансовая прибыль, т.е. прибыль от реализации транспортных и прочих услуг плюс прибыль от внереализационных мероприятий. Также это прибыль от реализации, что является разностью между выручкой от реализации (без налога на добавленную стоимость) и затратами на производство транспортных и других товаров и услуг; чистая прибыль, которой является балансовая прибыль за разницей

федеральных, республиканских и местных налогов с учетом налоговых льгот и уровень рентабельности [10].

Повышение доходов предпринимательской структуры автотранспортного комплекса

На любой стадии бизнеса всех предпринимателей интересует повышение доходности автотранспортного предприятия, потому что именно прибыль является конечной целью любого предприятия или организации, будь это общество с ограниченной ответственностью, акционерное общество, индивидуальный предприниматель или что-то ещё. Для роста эффективности работы автотранспортного предприятия имеет большое значение поиск резервов увеличения доходов и прибыли, при этом основными условиями, влияющими на повышение доходности предприятия, связанной с реализацией продукции являются: снижение себестоимости продукции (например, более дешёвые материалы), расширение объемов производства, оптимизация запасов на складе, повышение качества, конкурентоспособности, внедрение прогрессивных видов расчетов за товары, своевременные расчеты покупателей за полученную продукцию.

Дополнительными мерами повышения доходности автотранспортного предприятия могут выступать: продажа излишнего оборудования и другого имущества или сдача его в аренду, диверсификация производства, рациональное расходование экономических ресурсов (увеличение производительности работников), расширение рынка продаж, повышение технического уровня производства, ликвидация непроизводственных расходов, потерь. Кроме того, на повышение доходности предприятия оказывают влияние ассортимент (номенклатура) выпускаемых изделий, потому что каждое из них характеризуется уровнем рентабельности, свойственным ему.

Эффективность производства является собой комплексное отражение конечных результатов применения всех производственных ресурсов за определенный промежуток времени, также эффективность производства может характеризовать повышение производительности труда, максимальное (либо рациональное) использование производственных мощностей, сырьевых, материальных ресурсов. Иными словами, продуктивность бизнеса – это достижение при наименьших затратах наибольших результатов. Оценка экономической эффективности осуществляется путем сопоставления достигнутых результатов с понесенными затратами. Она вычисляется как отношение результата деятельности и затрат.

Многие современные предприниматели недооценивают влияние клиентоориентированного подхода на значение финансовых ключевых показателей. Внедрение таких расчетов, как индексы удовлетворенности, лояльности клиентов дает возможность без лишних затрат сохранять устойчивость, стабильность, и что более важно – прибыльность в условиях формирования инновационной экономики.

На сегодняшний день повышение доходности автотранспортного предприятия осуществляется посредством создания дополнительной ценности бизнеса, услуг для клиентов, например: ориентированность на клиента, формирование и управление потребительской лояльностью, ориентированность на клиента как способ повышения рентабельности, выяснение, анализ причин разочарования клиентов, маркетинговые решения, установление доверительных отношений с клиентами, выработка лояльности клиентов, оценка эффективности маркетинговой деятельности, определение ключевых показателей эффективности бизнеса, выяснение показателей маркетинговой доходности. Разработка, обоснование бизнес-плана, финансовых бюджетов автотранспортного предприятия всегда должны отражать возможность повышения доходности предприятия, включая прогнозную отчетность о прибылях, убытках на основании результатов анализа и других экономических расчетов.

В условиях рыночной экономики и высокой конкуренции основными факторами, определяющими благополучное функционирование автотранспортного предприятия, является эффективное управление основными фондами организации, поиск резервов рационального использования ресурсов, расширение деятельности. Основной целью деятельности каждой коммерческой организации является получение прибыли. Показателями, характеризующими эффективность функционирования автотранспортного предприятия, служат прибыль и рентабельность. При этом каждое автотранспортное предприятие стремится максимизировать прибыль и повысить уровень рентабельности [11].

Прибыль представляет собой конечный финансовый результат деятельности автотранспортного предприятия, характеризующий абсолютную эффективность его работы. На величину прибыли автотранспортного предприятия влияют различные факторы, которые можно

разделить на внешние и внутренние. К внутренним факторам относятся, такие как: изменение объемов производства, себестоимость продукции, политика ценообразования, качество и ассортимент продукции, эффективность использования ресурсов, которыми располагает предприятие, учетная политика автотранспортного предприятия в отношении оценки материально-производственных запасов, в отношении признания доходов и расходов и т.д. К внешним факторам, влияющим на величину прибыли организации относятся инфляционные процессы, изменение конъюнктуры рынка, спрос на производимую предприятием продукцию и оказание услуг, покупательская способность населения, общие экономические и социальные условия и т.п.

С экономической точки зрения прибыль можно охарактеризовать как сложную категорию, которая является показателем, полно отражающим эффективность производства, объем и качество произведенной продукции и оказывающим стимулирующее действие для развития субъекта предпринимательства автотранспортного комплекса. Таким образом, финансовые результаты деятельности автотранспортного предприятия характеризуются величиной прибыли и уровнем рентабельности, которые являются ключевыми. Следует отметить, что чем выше показатели прибыли и рентабельности, тем эффективнее функционирует организация, тем выше ее финансовая устойчивость. Немаловажен тот факт, что автотранспортное предприятие, работающее неэффективно, не в состоянии решать стратегические задачи, а также развивать свою основную деятельность и, наоборот, автотранспортное предприятие с высокими показателями эффективности имеет широкие возможности не только для текущего функционирования, но и для расширения масштабов оказания услуг в перспективе, привлечения инвесторов и кредиторов. Процесс управления прибылью и рентабельностью автотранспортного предприятия основывается на результатах проведенного экономического анализа данных показателей.

При всей важности решения многочисленных текущих задач первостепенное значение в условиях неоиндустриализации приобретает использование клиентоориентированного подхода на предприятиях автотранспортного комплекса. К его обоснованию должно быть обращено повышенное внимание. Параметры развития субъектов предпринимательства в транспортном бизнесе важно рассматривать не только с точки зрения разрешения множества срочных проблем, но и с точки зрения реализации стратегических приоритетов, с учетом действия внутренних и внешних институциональных факторов, оценивая последствия реализации альтернативных вариантов. Создание благоприятной деловой среды развития субъектов предпринимательства автотранспортного комплекса должно обеспечивать комплекс мер организационного, правового, социально-психологического и экономического характера, содействующих адаптации субъектов предпринимательской деятельности к меняющимся условиям деловой среды [12].

Заключение

Таким образом, использование клиентоориентированного подхода является одним из значимых направлений при поиске путей повышения доходов предпринимательских структур автотранспортного комплекса в условиях неоиндустриализации. От своевременности его использования зависит успешное развитие автотранспортного предприятия в долгосрочной перспективе.

Работа подготовлена при поддержке гранта РГНФ и Министерства образования Омской области (проект 16-12-55015/16).

Библиографический список

1. Романенко, Е.В. Малое и среднее предпринимательство в условиях модернизации российской экономики / Е.В. Романенко, В.В. Бирюков // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 2 (42). – С. 158-164.
2. Храмцов, Р.И. Экономика организаций (предприятий). Учебно-методическое пособие для студентов экономических и управленческих специальностей всех форм обучения / Р.И. Храмцов, Н.А. Храмцова. – Омск: СибАДИ, 2012. – 80 с.
3. Доходы организации: Положение по бухгалтерскому учету 9/99 // Бухгалтерия.ру [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://www.buhgalteria.ru>, свободный (дата обращения: 24.01.2017)
4. Налоговый кодекс РФ. Ч.1-2 (по сост. На 1 апреля 2012 г) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nalkod.ru> – свободный (дата обращения к ресурсу 24.01.2017).
5. Грязнова, А.Г. Финансы: Учебник / А.Г. Грязнова – Омск: СибАДИ, 2012. – 496 с.
6. Грузинов, В.П. Экономика предприятия: учеб. пособие / В.П. Грузинов, В.Д. Грибов. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 336 с.

7. Туревский, И.С. Экономика отрасли (Автомобильный транспорт): Учебник / И.С. Туревский. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 288 с.
8. Журавлева, Н.В. Финансы и кредит: Учебное пособие / Н.В. Журавлева. – М.: Экзамен, 2011. – 103 с.
9. Маркетинговые исследования потребителей // Основы маркетинга [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://mkg.ucoz.com/index/marketingovye>, свободный (дата обращения: 24.01.2017)
10. Ренгольд, Е.Ю. Тенденции изменения структуры автотранспортных предприятий на рынке транспортных услуг / Е.Ю., Ренгольд, О.В. Ренгольд // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2011: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – Одесса: Черноморье, 2011. – Том 1. Транспорт. – С. 24-30.
11. Эйхлер Л.В. Планирование конечных результатов хозяйственной деятельности грузовых автотранспортных предприятий: монография [Электронный ресурс] / Л.В. Эйхлер, А.Е. Черникова. – Омск: СибАДИ, 2015. – 97 с. – Режим доступа <http://www.finlabel.ru>, свободный. – Заглавие с экрана (дата обращения 10.01.2017).
12. Бирюков, В.В. Взаимодействие государства с субъектами малого и среднего предпринимательства в условиях модернизации экономики России: учебное пособие / В.В. Бирюков, Е.В. Романенко. – Омск : СибАДИ, 2014. – 112 с.

CUSTOMER-ORIENTED APPROACH AS A METHOD OF INCREASING INCOME THE BUSINESS STRUCTURES OF MOTOR TRANSPORT IN THE CONDITIONS OF NEO-INDUSTRIALIZATION

A.V. Mikhaylov, E.V. Romanenko

Abstract. *The actual problems of increasing income of the business structures of motor transport in the conditions neoindustrialization are considered in the article. The role of road transport in the national economy is defined. The analysis of the economic concepts of revenue motor company is conducted. The conclusions are about need of introducing additional measures to increase the incomes of enterprise structures of motor transport in the conditions neo-industrialization and the transition of the Russian economy on a trajectory of innovative development.*

Keywords: *customer-centric approach, income, innovative economy, business structures, transportation complex, neo-industrialization.*

Михайлов Александр Викторович (Российская Федерация, Омск) – магистрант; Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СибАДИ». (644080. г. Омск, пр. Мира, 5. Российская Федерация. E-mail: bear757@mail.ru)

Романенко Елена Васильевна (Российская Федерация, Омск) – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Общая экономика и право»; Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СибАДИ». (644080. г. Омск, пр. Мира, 5. Российская Федерация. E-mail: romanenko_ev@sibadi.org)

Mikhaylov V. Alexander (Russian Federation, Omsk) – undergraduate; The Siberian Automobile and Highway University (SibADI). (644080, Mira 5, prospect, Omsk, Russian Federation. E-mail: bear757@mail.ru)

Romanenko V. Elena (Russian Federation, Omsk) – candidate of economical science, docent, head of the department of «General Economics and law», The Siberian Automobile and Highway University (SibADI). (644080, Mira 5, prospect, Omsk, Russian Federation. E-mail: romanenko_ev@sibadi.org)