

Редакционный совет:

Голенков В.А. д-р техн. наук, проф.,
председатель

Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.,

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя

Астафичев П.А. д-р юр. наук, проф.,

Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц.,

Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.,

Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.,

Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.,

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.,

Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.,

Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Главный редактор:

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Катунин А.А. канд. техн. наук, доц.,

Ушаков Л.С. д-р техн. наук, проф.,

Редколлегия:

Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Бажинов А.В. д-р техн. наук, проф. (Украина)

Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Бондаренко Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Браннольте У. д-р техн. наук, проф. (Германия)

Бялы В. д-р техн. наук, проф. (Польша)

Венцель Е.С. д-р техн. наук, проф. (Украина)

Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Горовиц В.Б. д-р техн. наук, проф. (США)

Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия)

Корчагин В.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Макарова И.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Мартюченко И.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Митусов А.А. д-р техн. наук, проф. (Казахстан)

Нордин В.В. канд. техн. наук, проф. (Россия)

Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва)

Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия)

Пушкарев А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия)

Савин Л.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Сарбаев В.И. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хабибуллин Р.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Юнгмейстер Д.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.

Адрес редколлегии:

302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Тел. +7 (4862) 73-43-50

<http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm>

E-mail: srmostu@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в
сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство: ПИ № ФС77-47352 от 03.11.2011г.

Подписной индекс: 16376

по объединенному каталогу «Пресса России»

© Госуниверситет-УНПК, 2015

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>Н. А. Федин, С. С. Рябов</i> К вопросу об определении ресурса отремонтированных двигателей по результатам анализа моторного масла.....	3
<i>Н. В. Поляков, Д. А. Попов, Е. В. Снятков</i> Метод расчета теплонагруженности тормозов, работающих со смазкой.....	12
<i>В. Н. Абрамов, Т. А. Аипов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров</i> Расчетная оценка параметров проходимости полноприводного автомобиля при повреждении колесного движителя.....	19
<i>С. Н. Глаголев, А. А. Конев</i> Реализация кластерной системы придорожного сервиса в Белгородской области.....	26

Технологические машины

<i>Н. Н. Смирнов, Л. А. Савин, С. В. Майоров</i> Расчет сил в активных магнитных подшипниках с учетом отклонений формы измерительных поверхностей.....	32
<i>С. В. Лебедев, Н. Е. Ромакин</i> Сопротивление внедрению элементов винтового рабочего органа с газодинамическим интенсификатором для образования горизонтальных скважин в грунте способом прокола.....	42
<i>А. А. Пугачев, В. И. Воробьев, Г. С. Михальченко, А. С. Космодамианский, А. В. Сомотканов</i> Энергетические показатели качества электропривода вспомогательных систем тягового подвижного состава.....	58

Безопасность движения и автомобильные перевозки

<i>В. И. Сарбаев, М. Н. Хамидулин, Г. В. Сидельников</i> Автобусные остановки в Германии.....	67
<i>Н. А. Загородних</i> Анализ существующих способов обеспечения безопасного движения транспортных средств.....	74
<i>Ю. Чарский, В. Пушман</i> Взаимотношения между отдельными параметрами сети общественного транспорта.....	82
<i>А. Н. Новиков, А. В. Кулев, М. В. Кулев, Н. С. Кулева</i> Методика организации маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования.....	85
<i>Н. В. Подопригора</i> Определение параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции и экспертизе ДТП.....	93
<i>Е. Ю. Миненко, Ю. А. Кусморова</i> Повышение безопасности дорожного движения на вираже.....	103
<i>Д. В. Капский, П. А. Пегин, А. И. Рябчинский</i> Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на пешеходных переходах в зоне искусственных неровностей.....	111
<i>А. Н. Новиков, А. А. Катунин, А. Н. Семкин</i> Современные подходы к управлению перевозками грузов автомобильным транспортом.....	119

Образование и кадры

<i>Г. В. Букалова</i> Методологический аппарат анализа производственной деятельности как содержательной основы образовательного нормирования.....	127
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----



The scholarly
journal
A quarterly review

№ 1(48) 2015

January - March

World transport and technological machinery

Founder - Federal State budget Institution higher education
«State University – Education-Scientific-Production Complex»
(State University-ESPC)

<p><i>Editorial Council:</i> V.A. Golenkov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> O.V. Pilipenko <i>Doc. Eng., Prof.,</i> S.Y. Radchenko <i>Doc. Eng., Prof.</i> <i>Vice-Chairman</i> P.A. Astafichev <i>Doc. Law., Prof.,</i> M.I. Borzenkov <i>Can. Eng., Prof.,</i> T.N. Ivanova <i>Doc. Eng., Prof.,</i> V.I. Kolchunov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> I.S. Konstantinov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> L.I. Popova <i>Doc. Ec., Prof.,</i> Y.S. Stepanov <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<h2 style="text-align: center;">Contents</h2> <h3 style="text-align: center;">Operation, Repair, Restoration</h3> <p><i>N. A. Fedin, S. S. Ryabov</i> About determination of reconditioned engines resource by motor oil analysis..... 3 <i>N. V. Polyakov, D. A. Popov, E. V. Snyatkov</i> Method of calculation heat-loaded brake, operates with greases..... 12 <i>V. N. Abramov, T. A. Aipov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov</i> Design evaluation parameters flotation wheel-drive vehicles if damaged paddle wheels..... 19 <i>S. N. Glagolev, A. A. Konev</i> Sale cluster system of roadside service in the belgorod region..... 26</p>
<p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof</i> <i>Associate Editors</i> A.A. Katunin <i>Can. Eng.,</i> L.S. Ushakov <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<h3 style="text-align: center;">Technological Machinery</h3> <p><i>N. N. Smirnov, I. A. Savin, S. V. Mayorov</i> In calculating the forces active magnetic bearings taking into account the deviation of the measuring surface..... 32 <i>S. V. Lebedev, N. E. Romakin</i> Driving resistance of elements of screw working body with gas-dynamic intensifier for making of horizontal holes in ground by means of pushing method..... 42 <i>A. A. Pugachev, V. I. Vorobiev, G. S. Mikhal'chenko, A. S. Kosmodamianskiy, A. V. Samotkanov</i> Energy indicators for quality electric auxiliary systems of traction rolling stock..... 58</p>
<p><i>Editorial Board:</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.V. Bazhinov <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> E.V. Bondarenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> U. Brannolte <i>Doc. Eng., Prof. (Germany)</i> V. Bialy <i>Doc. Eng., Prof. (Poland)</i> E.S. Vencel <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.B. Gorovic <i>Doc. Eng., Prof. (USA)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> V.A. Korchagin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.V. Makarova <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.G. Martychenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.A. Mitusov <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> V.V. Nordin <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> L.A. Savin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Sivachenko <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> R.G. Habibullin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> D.A. Yungmeyster <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i></p>	<h3 style="text-align: center;">Road safety and road transport</h3> <p><i>V. I. Sarbaev, M. N. Khamidulin, G. V. Sidelnikov</i> Bus stations in germany..... 67 <i>N. A. Zagorodniy</i> Analysis of existing methods of ensuring the safe movement of vehicles..... 74 <i>J. Čarský, V. Pušman</i> Relations among particular parametres in public transport system..... 82 <i>A. N. Novikov, A. V. Kulev, M. V. Kulev, N. S. Kuleva</i> The method of organization of a route network of urban passenger transport..... 85 <i>N. V. Podoprigora</i> Evaluation of braking parameters during road accident reconstruction..... 93 <i>E. Y. Minenko, Y. A. Kusmorova</i> Improve road safety in curves..... 103 <i>D. V. Capskiy, P. A. Pegin, A. I. Ryabchinskiy</i> Forecasting an emergency method conflict zones transitions in a pedestrian-dah in zone humps..... 111 <i>A. N. Novikov, A. A. Katunin, A. N. Semkin</i> Contemporary approaches to managing road freight tranport..... 119</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p>	<h3 style="text-align: center;">Education and Personnel</h3> <p><i>G. V. Bukalova</i> Methodological apparatus analysis of operations as a substantial basis educational normalization 127</p>
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77 Tel. +7 (4862) 73-43-50 http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p>	
<p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate PI № FS77- 47352 of November 03 2011</p>	
<p>Subscription index: 16376 in a union catalog “The Press of Russia”</p>	
<p>© State University-ESPC, 2015</p>	

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 621.43:628.892.2

Н. А. ФЕДИН, С. С. РЯБОВ

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЕСУРСА ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА МОТОРНОГО МАСЛА

В статье дается обоснование использования результатов анализа моторного масла для оценки качества отремонтированных двигателей. Приведены схемы оценки качества как индивидуального, так и группы отремонтированных двигателей. Даны математические зависимости для определения ресурса двигателей.

Ключевые слова: новые и отремонтированные двигатели, обкатка, продукты износа, моторное масло, ресурс, качество.

Выявить возможность использования результатов анализа моторного масла для оценки качества отремонтированных двигателей поможет структурная схема (рис. 1).

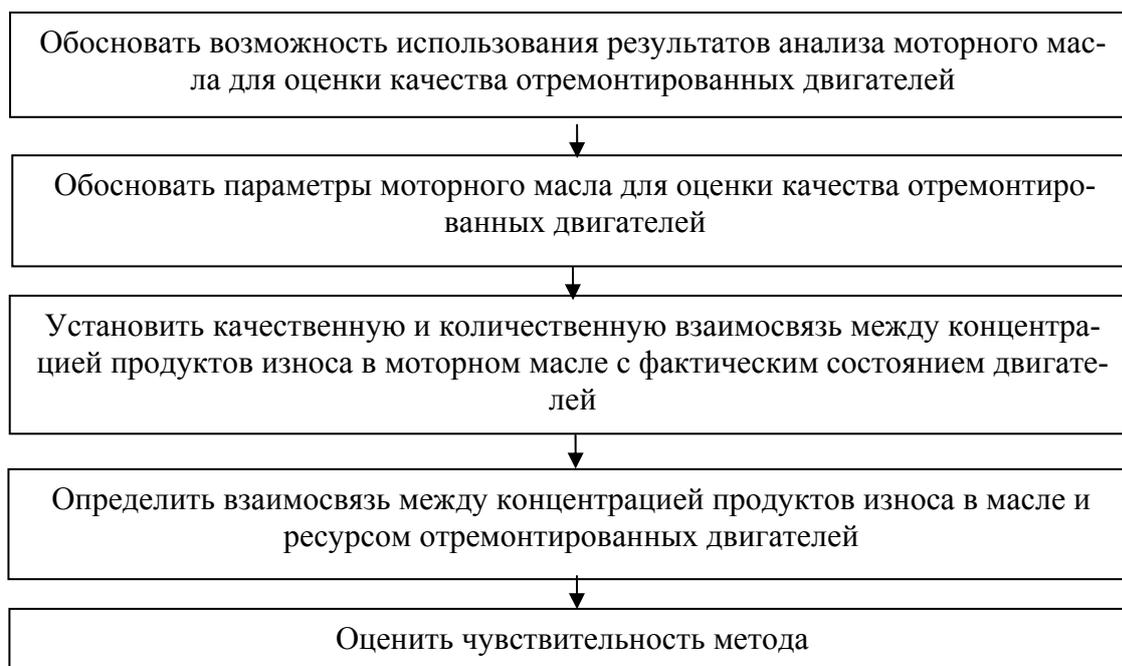


Рисунок 1 - Структурная схема обоснования возможности использования результатов анализа моторного масла для оценки качества отремонтированных двигателей

Наличие такой возможности устанавливается по взаимному расположению плотностей распределения концентраций продуктов износа в масле новых и отремонтированных двигателей (рис. 2). Если названные кривые будут смещены относительно друг друга, следует установить величину этого смещения. В случае совпадения кривых (для двигателей с разным ресурсом) оценить качество отремонтированных двигателей по результатам анализа моторного масла не представляется возможным.

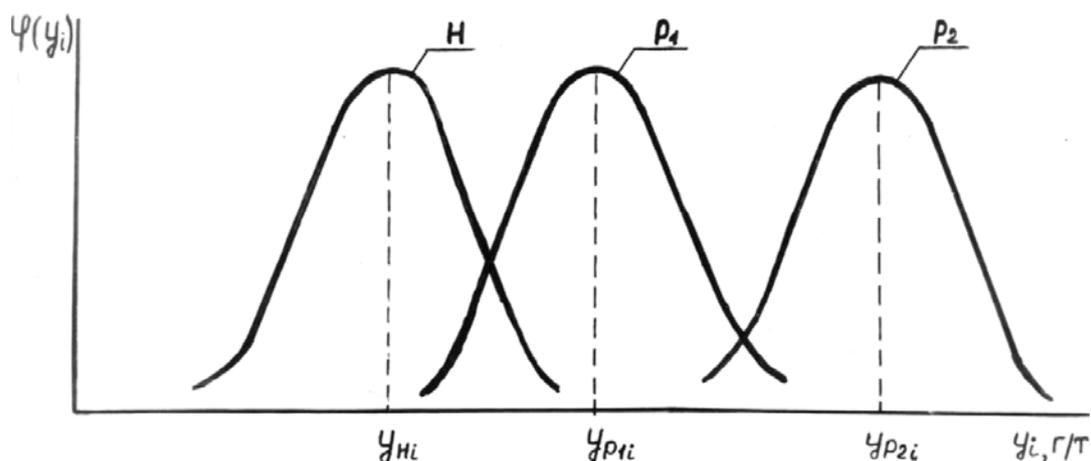


Рисунок 2 - Характер плотностей распределения продуктов износа в масле двигателей:

H – новых; P_1, P_2 – отремонтированных с разной наработкой;
 y_i – концентрация соответствующего элемента в масле

Чтобы определить взаимосвязь между концентрацией продуктов износа в масле и ресурсом отремонтированных двигателей, необходимо иметь плотности распределения концентраций продуктов износа в масле новых и отремонтированных двигателей с известной наработкой (рис. 2). Зная динамику концентрации продуктов износа в моторном масле, можно связать её с ресурсом (рис. 3).

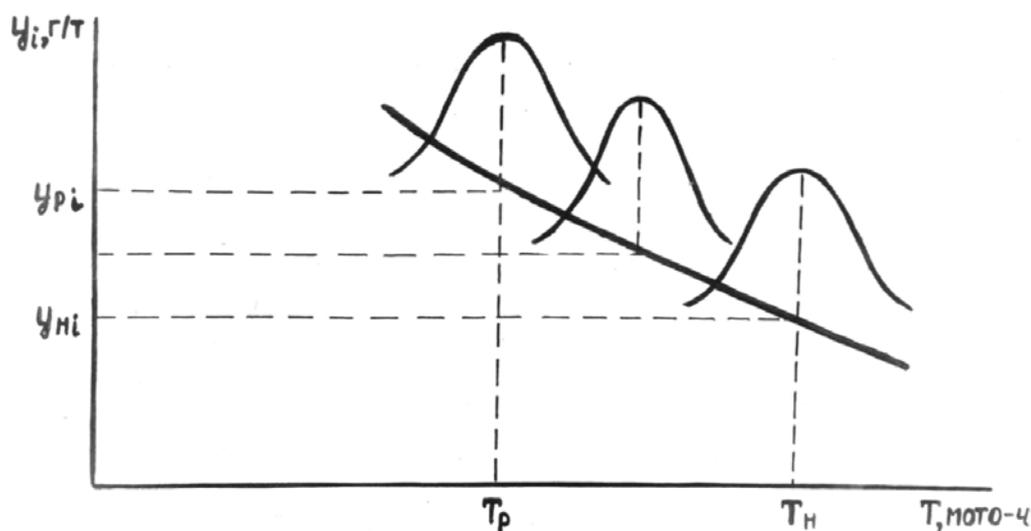


Рисунок 3 - Характер функции изменения ресурса и концентрации продуктов износа в масле новых (H) и отремонтированных (P) двигателей

В результате могут быть обоснованы параметры моторного масла для оценки качества отремонтированных двигателей. Приемлемость каждого из параметров устанавливается с учётом его информативности (различия в характере или области расположения плотности распределения концентраций для новых и отремонтированных двигателей) [19].

Чувствительность метода и отдельных параметров масла может быть установлена по степени информативности параметра.

Для решения задач, указанных в структурной схеме, необходимо провести на стенде периодические кратковременные 60-часовые испытания новых и отремонтированных двигателей, отобрать пробы масла, провести их спектральный анализ и определить концентрацию продуктов износа в масле.

Ту же процедуру следует провести для новых и отремонтированных двигателей после 60ч. эксплуатационной обкатки, а также для двигателей, направленных в капитальный ре-

монт с разной наработкой. Затем нужно построить и сравнить кривые плотности распределения концентрации продуктов износа в масле новых и отремонтированных двигателей для одной зоны, обслуживаемой одним ремонтным предприятием. Таким образом, данные плотности должны быть построены как для двигателей, прошедших периодические кратковременные испытания на стенде, так и для двигателей, находящихся в условиях рядовой эксплуатации.

Уровень качества ремонта может быть определен по формуле:

$$K_i = 1 - \left(\frac{y_{pr} - y_{ni}}{y_{pr} - y_{ni}} \right)^\alpha, \quad (1)$$

где K_i – уровень качества ремонта по i -му параметру;

y_{pr} , y_{ni} , y_{pri} – среднее значение параметра для отремонтированных, новых и подлежащих ремонту двигателей.

Выражение (1) иллюстрируется рисунком 4. Величина изменяется в диапазоне 0–100 %. Значение $K_i = 0$ соответствует качеству ремонта без восстановления ресурса по параметру. Значение $K_i = 100$ % соответствует полному восстановлению ресурса по параметру.

Показатель степени α в выражении (1) характеризует функцию изменения среднего значения (математического ожидания) параметра в зависимости от качества ремонта (рис.5).

Оценка качества ремонта может быть индивидуальной (отдельно взятого двигателя) и групповой (совокупности двигателей).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОТРЕМОНТИРОВАННОГО ДВИГАТЕЛЯ

По результатам измерений, полученных при периодических кратковременных испытаниях в течение 60 ч на стенде, для каждого двигателя строят функциональные зависимости, характеризующие содержание продуктов износа от времени работы двигателя в момент стабилизации их концентрации в масле. Дополнительно (после завершения 60-часовой стендовой обкатки) проверяют основные параметры двигателя по программе приемо-сдаточных испытаний (ГОСТ 18509–88).

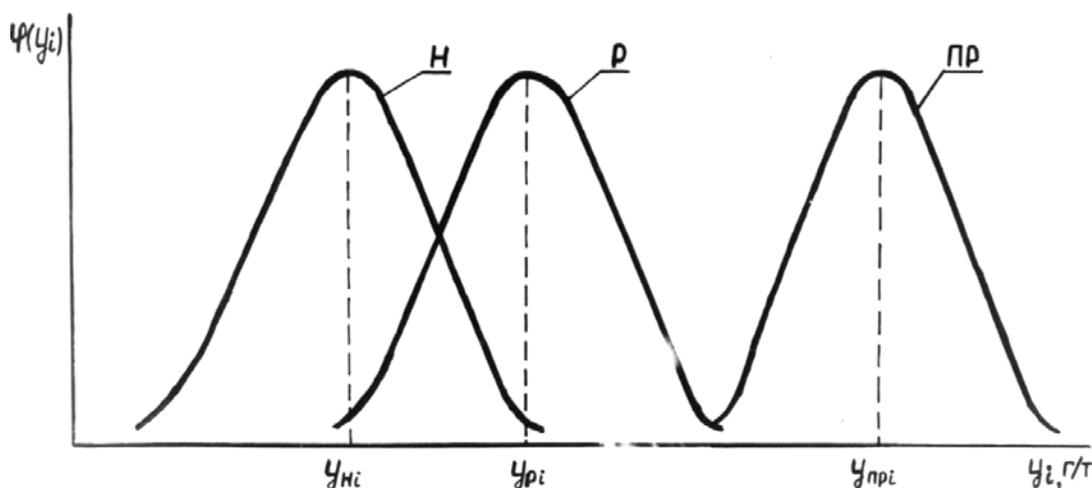


Рисунок 4 - Схема плотностей распределения параметров моторного масла для новых (Н), отремонтированных (Р) и подлежащих ремонту (ПР) двигателей

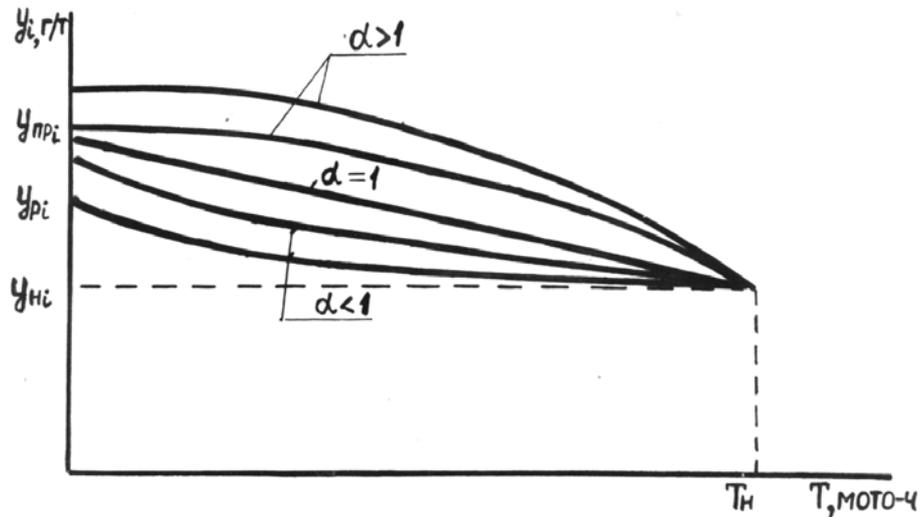


Рисунок 5 - Характер функций изменения среднего значения параметра от ресурса объекта по i -му параметру (от качества ремонта): T – ресурс объекта, мото-ч; T_n – ресурс нового объекта (двигателя по параметру), мото-ч

На основании полученных данных по концентрации продуктов износа в масле дается заключение о качестве и возможности окончания приработки конкретного двигателя [16]. По мере накопления экспериментальных данных может быть построена обобщенная эталонная зависимость изменения концентрации продуктов износа в моторном масле в процессе приработки для двигателей, параметры которых соответствуют техническим требованиям на выпуск из капитального ремонта. Это позволит оценивать качество приработки двигателей на разных этапах (по времени) обкатки путем сопоставления концентраций продуктов износа в масле испытываемого двигателя с соответствующей концентрацией их по эталонной кривой. Таким образом, качество ремонта конкретного двигателя (ЦПГ, КШГ) может быть оценено путем сравнения функции изменения концентрации продуктов износа в моторном масле этого двигателя с базовыми функциями (рис.6).

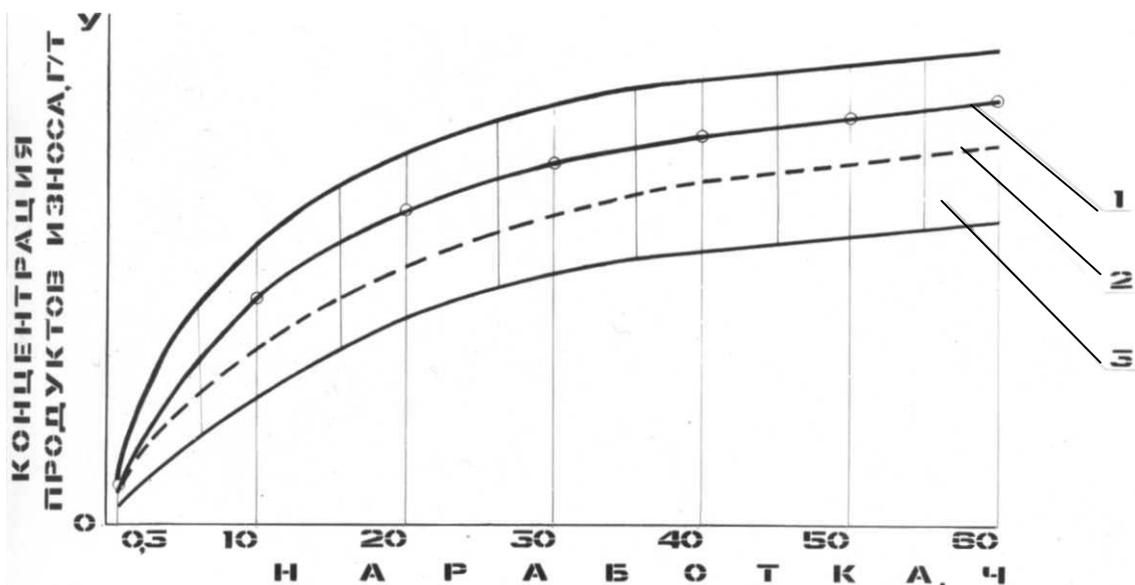


Рисунок 6 - Схема индивидуальной оценки качества отремонтированного двигателя:
 1 – реализация изменения концентрации продуктов износа в масле проверяемого двигателя; 2 – базовая функция изменения концентрации;
 3 – область допускаемых отклонений базовой функции

В качестве базовых могут быть приняты среднестатистические функции изменения концентрации продуктов износа в масле новых двигателей данной марки или функции изменения этого параметра, нормированные для данного ремонтного предприятия, а также допустимая область изменения концентрации продуктов износа в масле за период обкатки. Чем ближе названная функция испытываемого двигателя расположена к базовой, тем качественней отремонтирован двигатель. Концентрация продуктов износа в масле служит при этом показателем технического состояния.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ГРУППОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Конкретному ремонтному предприятию важно оценить качество отремонтированных двигателей по сравнению с новыми, а также изменение качества ремонта за определенный период или в результате конкретных технологических мероприятий.

Такие задачи можно решить путем однократного отбора проб масла для достаточной совокупности двигателей. При этом наиболее достоверные, объективные и точные оценки качества ремонта позволили бы получить сравнительные стендовые испытания новых и отремонтированных двигателей. Однако организация испытаний больших партий двигателей на заводах-изготовителях и ремонтных предприятиях связана с большими сложностями и затратами. Более просто организовать отбор проб масла из новых и отремонтированных двигателей непосредственно в условиях эксплуатации сразу после окончания 60-часовой эксплуатационной обкатки, совместив эту операцию с заменой моторного масла в конце периода обкатки. Также можно поступить в условиях мотороремонтного предприятия при проведении 60-часовой стендовой обкатки [2].

В этом случае задачи и организация работ значительно упрощаются и состоят в следующем:

- а) выявить новые (доремонтные) двигатели, не прошедшие еще обкатку; установить момент окончания их эксплуатационной обкатки; по окончании обкатки отобрать пробы работавшего масла в момент замены его на свежее; зарегистрировать пробы по установленной форме;
- б) выполнить работы, перечисленные в предыдущем пункте для отремонтированных двигателей, установленных на технических средствах;
- в) установить момент окончания технологической обкатки двигателей, отобрать пробы при 60-часовой стендовой обкатке.

Групповая оценка качества отремонтированных двигателей осуществляется по параметрам распределения концентрации продуктов износа в масле после 60-часовой обкатки. Показателями качества в этом случае являются параметры закона распределения концентрации продуктов износа (среднее значение, среднее квадратичное отклонение и др.) (рис.7).

Дополнительной информацией при оценке качества отремонтированных двигателей служат расход масла на угар, содержание продуктов износа в отложениях маслоочистителей, а также данные о безотказности деталей ЦПГ и КШТ в период обкатки.

При прогнозировании ресурса используют математические модели, в которые входят количественные характеристики параметров. Зная закономерности изменения скорости изнашивания в зависимости от времени работы двигателя или от времени процесса приработки его деталей, можно определить среднюю скорость изнашивания, а затем рассчитать ресурс сопряжения в период обкатки. На основе методики прогнозирования технического состояния машин, предложенной Михлиным В.М., Сельцером А.А. и др., разработаны конкретные зависимости для расчёта ресурса сопряжений.

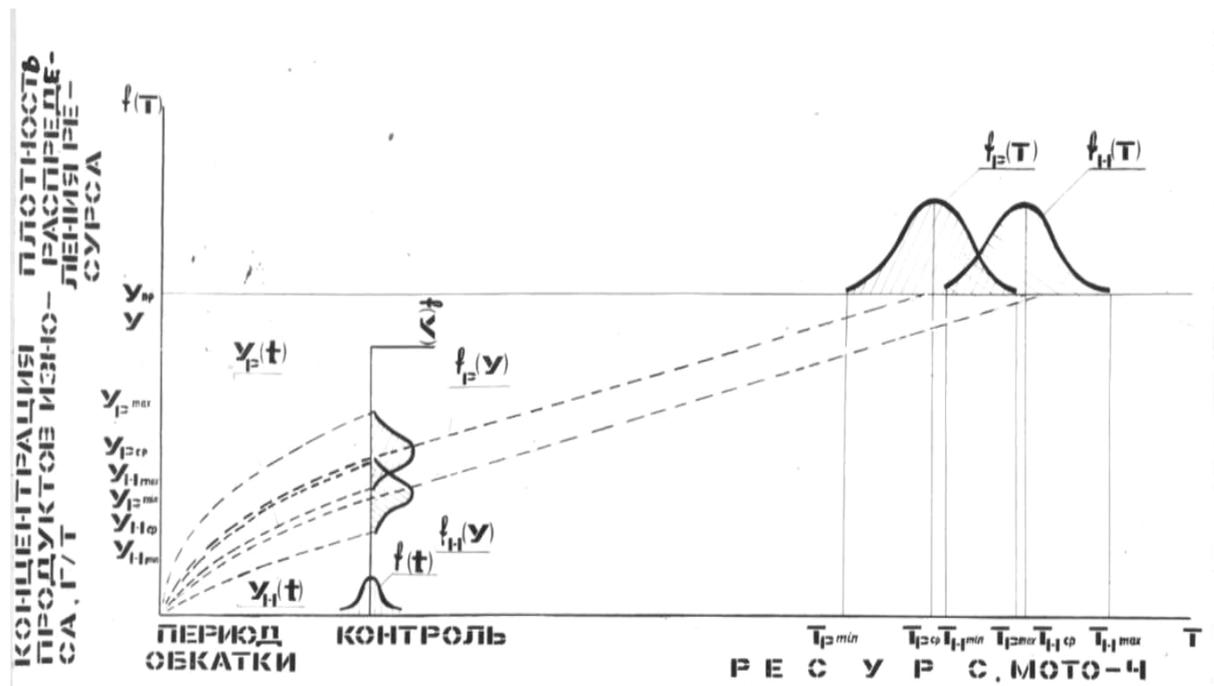


Рисунок 7 - Схема групповой оценки качества отремонтированных двигателей по концентрации продуктов износа в моторном масле:
n – новые двигатели; *p* – капитально отремонтированные двигатели

Средний ресурс сопряжения

$$T_{cp} = \frac{1}{n - (e-1)} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (2)$$

где $(e-1)$ – число элементов, наработка которых находится в первом интервале разбиения;
 T_i – ресурс i -й детали.

Ресурс (T_i) конкретной i -й детали при прогнозировании по реализации в общем случае находят по формуле

$$T_i = t \left[\frac{U_{ni}}{y_i(t)} \right]^{\frac{1}{\alpha_i}}, \quad (3)$$

где t – продолжительность работы масла к моменту контроля, мото-ч;
 U_{ni} – предельное изменение параметра;
 $U_i(t)$ – функция изменения параметра;
 α_i – показатель степени, характеризующий скорость изменения параметра.

Представив

$$U_{ni} = g_{ni} \text{ и } U_i(t) = g_i(t) = \frac{V}{t} \int_0^t y_i(t) dt, \quad (4)$$

где g_{ni} , g_i – масса продуктов износа i -й детали в масле: предельная и текущая, кг;
 V – количество масла в системе смазки, кг;

$y_i(t)$ – функция изменения концентрации продуктов износа i -й детали в масле, г/т), после преобразования выражения (3), получим формулу для расчёта ресурса i -й детали по концентрации продуктов износа в моторном масле при прогнозировании по реализации

$$T_i = t \left[t \times g_{ni} / V \int_0^t y_i(t) dt \right]. \quad (5)$$

Прогнозирование ресурса i -й детали по среднестатистическим данным предлагается осуществлять по зависимости

$$T_i = \frac{\sum t_n}{N} [N \times g_{ni} / V \sum_{i=1}^n y_{ni}]^{\frac{1}{\alpha_i}}, \quad (6)$$

где t_n – продолжительность работы масла в n -м двигателе к моменту контроля, мото-ч;

N – количество двигателей, шт.;

y_{ni} – концентрация продуктов износа i -й детали в масле, г/т.

Чтобы повысить точность и исключить влияние зональных особенностей, условий эксплуатации и других факторов, ресурс отремонтированных двигателей целесообразно определять путем сравнительных испытаний с новыми двигателями. При этом ресурс совокупности одноименных i -х деталей отремонтированных двигателей с учётом формулы (6) можно представить в виде

$$T_{pi} = T_{ni} \left(\frac{\sum t_p \alpha_i N_p g_{ni} \times N_n \times \sqrt{V \sum_{i=1}^n y_{ni}}}{\sum t_n \alpha_i N_p g_{ni} \times N_p \times \sqrt{V \sum_{i=1}^n y_{pi}}} \right) = \gamma T_{ni}, \quad (7)$$

где T_{pi} , T_{ni} – ресурс совокупности одноименных i -х деталей отремонтированных и новых двигателей, мото-ч;

t_p , t_n – продолжительность работы масла к моменту контроля в отремонтированном и новом двигателях, мото-ч;

N_p , N_n – количество отремонтированных и новых двигателей, шт.;

y_{pi} , y_{ni} – концентрация продуктов износа i -й детали в масле отремонтированного и нового двигателя, г/т;

γ – коэффициент качества.

Приведенные выше зависимости можно использовать для определения ресурса двигателей, зная функцию накопления продуктов износа в масле и их предельное содержание для конкретной детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, М. А. Качество моторного масла и надежность двигателей [Текст] / М. А. Григорьев, Б. М. Бунаков, В. А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 232 с.
2. Федин, Н. А. Качество отремонтированных двигателей [Текст] / Н. А. Федин // Известия вузов. Строительство – Новосибирск. - 2000. - № 1. - С. 81-84.
3. Федин, Н. А. Исследование результатов диагностирования моторного масла для оценки качество отремонтированных двигателей [Текст] / Н. А. Федин // Материалы 1 международной научно-технической конференции, - Пенза: ПГАСА, 2000. – Ч.2. - С. 65-68.
4. Федин, Н. А. оценка качества отремонтированных двигателей [Текст]: монография / Н. А. Федин, Т. Г. Федина. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 132 с.
5. Михлин, В. М. Прогнозирование технического состояния машин [Текст] / В. М. Михлин. - М.: Колос, 1976. – 288 с.
6. Костецкий, Б. И. Трение, смазки и износа в машинах [Текст] / Б. И. Костецкий. – Киев: Техника, 1970. – 396 с.
7. Артемьев, Ю. Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве [Текст] / Ю. Н. Артемьев. – М.: Колос, 1981. - 239 с.
8. Венцель, С. В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С. В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 249 с.
9. Биргер, И. А. Техническая диагностика [Текст] / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
10. Величкин, И. Н. Ускоренная оценка стойкости деталей дизелей против абразивного износа [Текст] / И. Н. Величкин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 1981. – № 10. – С.5–7.
11. Величкин, И. Н. Оценка технического состояния цилиндро-поршневой группы без разборки двигателя [Текст] / И. Н. Величкин, Н. Хоменко // Техника в сельском хозяйстве. – 1976. – № 7. – С. 67–69.

12. Венцель, С. В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С. В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
13. Волков, С. И. Структура и анализ показателей качества ремонта автотракторных двигателей [Текст] / С. И. Волков. – М.: ЦНИИТЭИ, 1975. – 64 с.
14. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1975. – 333 с.
15. ГОСТ 15467–79. Управление качеством. Термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТов 15467–70, 16431–70, 17341–71, 17102–71; Введ. 01.07.79. – 25 с.
16. Федин, Н. А. Накопление продуктов износа в моторном масле двигателей внутреннего сгорания [Текст]. – / Н. А. Федин, С. С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2014. – С. 21-25.
17. ГОСТ 16468–79. Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Основные положения [Текст]. – Взамен ГОСТ 16468–70; Введ. 01.01.80. – 8 с
18. Ждановский, Н. С. Диагностика автотракторных двигателей с использованием электронных приборов [Текст] / Н. С. Ждановский, В. А. Аллилуев, В. М. Михлин. – Ленинград–Пушкин: ЛСХИ, 1973. – 127 с.
19. Федин, Н. А. Анализ математического модели процесса накопления продуктов износа в моторном масле и обоснование номенклатуры основных сопряжений двигателя, диагностируемых методом спектрального анализа масла [Текст] / Н. А. Федин, С. С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2014. – С. 3-11.

Федин Николай Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28

Канд. тех. наук, доцент кафедры «Начертательная геометрия и графика»

E-mail: ngig@pguas.ru

Рябов Сергей Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28

Студент гр. ЭТМК-11

E-mail: sergryaboff@mail.ru

N. A. FEDIN, S. S. RYABOV

ABOUT DETERMINATION OF RECONDITIONED ENGINES RESOURCE BY MOTOR OIL ANALYSIS

The justification of motor oil analysis use for the quality rating of reconditioned engines is considered in the article. Quality rating diagrams of a personal engine and some reconditioned engines are given. Mathematical dependence for determination of engine resource is regarded.

Keywords: *new and reconditioned engines, breaking – in, wear debris, motor oil, resource, quality.*

BIBLIOGRAPHY

1. Grigor'ev, M. A. Kachestvo motornogo masla i nadezhnost' dvigateley [Tekst] / M. A. Grigor'ev, B. M. Bunakov, V. A. Doletskiy. - M.: Izd-vo standartov, 1984. - 232 s.
2. Fedin, N. A. Kachestvo otremonirovannykh dvigateley [Tekst] / N. A. Fedin // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo - Novosibirsk. - 2000. - № 1. - S. 81-84.
3. Fedin, N. A. Issledovanie rezul'tatov diagnostirovaniya motornogo masla dlya otsenki kachestva otremonirovannykh dvigateley [Tekst] / N. A. Fedin // Materialy 1 mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, - Penza: PGASA, 2000. - CH.2. - S. 65-68.
4. Fedin, N. A. otsenka kachestva otremonirovannykh dvigateley [Tekst]: monografiya / N. A. Fedin, T. G. Fedina. - Penza: PGUAS, 2010. - 132 s.
5. Mikhlin, V. M. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya mashin [Tekst] / V. M. Mikhlin. - M.: Kolos,

1976. - 288 s.

6. Kostetskiy, B. I. Trenie, smazki i iznosa v mashinakh [Tekst] / B. I. Kostetskiy. - Kiev: Tekhnika, 1970. - 396 s.

7. Artem'ev, YU. N. Kachestvo remonta i nadezhnost' mashin v sel'skom khozyaystve [Tekst] / YU. N. Artem'ev. - M.: Kolos, 1981. - 239 s.

8. Ventsel', S. V. Primenenie smazochnykh masel v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst] / S. V. Ventsel'. - M.: Himiya, 1979. - 249 s.

9. Birger, I. A. Tekhnicheskaya diagnostika [Tekst] / I. A. Birger. - M.: Mashinostroenie, 1978. - 240 s.

10. Velichkin, I. N. Uskorennaya otsenka stoykosti detaley dizeley protiv abrazivnogo iznosa [Tekst] / I. N. Velichkin [i dr.] // Traktory i sel'khoz mashiny. - 1981. - № 10. - S.5-7.

11. Velichkin, I. N. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya tsilindro-porshnevoy gruppy bez razborki dvigatelya [Tekst] / I. N. Velichkin, N. Homenko // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. - 1976. - № 7. - S. 67-69.

12. Ventsel', S. V. Primenenie smazochnykh masel v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst] / S. V. Ventsel'. - M.: Himiya, 1979. - 240 s.

13. Volkov, S. I. Struktura i analiz pokazateley kachestva remonta avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / S. I. Volkov. - M.: TSNIITEI, 1975. - 64 s.

14. Gmurman, V. E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [Tekst] / V. E. Gmurman. - M.: Vyssh. shk., 1975. - 333 s.

15. GOST 15467-79. Upravlenie kachestvom. Termíny i opredeleniya [Tekst]. - Vzamen GOSTov 15467-70, 16431-70, 17341-71, 17102-71; Vved. 01.07.79. - 25 s.

16. Fedin, N. A. Nakoplenie produktov iznosa v motornom masle dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst]. - / N. A. Fedin, S. S. Ryabov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2014. - S. 21-25.

17. GOST 16468-79. Nadezhnost' izdeliy mashinostroeniya. Sistema sbora i obrabotki informatsii. Osnovnye polozheniya [Tekst]. - Vzamen GOST 16468-70; Vved. 01.01.80. - 8 s

18. Ponomarev. - M.: Mashinostroenie, 1976. - S. 15-17.

19. Zhdanovskiy, N. S. Diagnostika avtotraktornykh dvigateley s ispol'zovaniem elektronnykh priborov [Tekst] / N. S. Zhdanovskiy, V. A. Alliluev, V. M. Mikhlin. - Leningrad-Pushkin: LSHI, 1973. - 127 s.

20. Fedin, N. A. Analiz matematicheskogo modeli protsessa nakopleniya produktov iznosa v motornom masle i obosnovanie nomenklatury osnovnykh sopryazheniy dvigatelya, diagnostiruemykh metodom spektral'no-go analiza masla [Tekst] / N. A. Fedin, S. S. Ryabov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gos-universitet - UNPK. - 2014. - S. 3-11.

Fedin Nikolay Akekseevich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Rossia, g. Penza city, Titova, 28

Candidate tech. science, assistant, professor of «Descriptive Geometry»

E-mail: ngig@pguas.ru

Ryabov Sergey Sergeevich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Rossia, g. Penza city, Titova, 28

Student gr. ETMK-11

E-mail: sergryaboff@mail.ru

УДК 621.825

Н. В. ПОЛЯКОВ, Д. А. ПОПОВ, Е. В. СНЯТКОВ

МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛОАГРУЖЕННОСТИ ТОРМОЗОВ, РАБОТАЮЩИХ СО СМАЗКОЙ

В статье представлен оригинальный метод расчета теплонагруженности фрикционных тормозов, работающих со смазкой.

Ключевые слова: трение, тепловыделение, поверхностная температура.

Важным параметром в оценке эффективности и работоспособности пары трения фрикционного устройства является теплонагруженность его рабочих поверхностей [1-5]. В узлах, работающих со смазкой, вследствие непрерывного протекания масла по каналам на поверхностях трения часть тепла, выделяющегося в процессе буксования, будет отводиться нагретым маслом. Условия работы фрикционных устройств машин характеризуется различной интенсивностью теплоотвода, определяемой рельефом масляных канавок на рабочих поверхностях и расходом масла. При незначительных расходах смазки порядка $(0,1-0,2) \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с}$ и кратковременности режимов буксования, когда влияние жидкостного охлаждения незначительно, а наличие масляной пленки на поверхностях трения влияет на их теплофизические характеристики, расчет температур можно проводить по методам [1, 4, 6-7]. Для определения максимальной температуры за цикл буксования с учетом отвода тепла маслом целесообразно пользоваться формулой из работы [1,8]. При тепловом расчете тормозов желательнее определить зависимость изменения поверхностной температуры в процессе всего цикла торможения.

В настоящей статье сделана попытка создания новой формулы, учитывающей указанные требования. Используя принятые допущения для тепловых расчетов тормозов [1-3, 8-15], запишем количество тепла, отводимого маслом в данный момент времени,

$$Q_m = (\vartheta_{\text{вых}} - \vartheta_{\text{вх}}) c \gamma_m \omega, \quad (1)$$

где $\vartheta_{\text{вых}}, \vartheta_{\text{вх}}$ – температура масла тормозов на выходе и входе $^{\circ}\text{C}$;

ω – удельный расход масла на единицу поверхности трения, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$;

c – теплоемкость, $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{с}$;

γ_m – удельный вес масла, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Разность $(\vartheta_{\text{вых}} - \vartheta_{\text{вх}})$ характеризует приращение температуры масла $\Delta\vartheta_m$ за время прохождения его в тормозном узле. Учитывая, что температура масла на выходе зависит от ϑ^* , ω и конструкции каналов на поверхности трения, заменим ее через текущую поверхностную температуру и одновременно введем коэффициент ξ , учитывающий изменение $\vartheta_{\text{вых}}$ от ϑ^* . Коэффициент ξ зависит от конструкции поверхностей трения и расхода масла и находится опытным путем. Тогда уравнение (1) принимает вид

$$Q_m = (\vartheta^* - \vartheta_{\text{вх}}) \xi = \Delta\vartheta_m, \quad (\vartheta^* - \vartheta_{\text{вх}}) \xi = \Delta\vartheta_m, \quad \vartheta^* = \vartheta_{\text{вх}} + \Delta\vartheta^*, \quad (2)$$

где $\vartheta_{\text{вх}}$ – начальная температура узла до включения;

$\Delta\vartheta^*$ – приращение поверхностной температуры в процессе торможения.

Учитывая второе соотношение (2), первое уравнение (1) запишем в виде

$$Q_m = (\vartheta_{\text{вх}} - \vartheta_{\text{вх}}) \sigma_m' + \Delta\vartheta^* \sigma_m', \quad (3)$$

где $\sigma_m' = c \gamma_m \omega \xi$ – коэффициент теплоотдачи.

Приращение среднеповерхностной температуры за цикл торможения без учета отвода тепла маслом можно определить по формуле (1)

$$\Delta\vartheta_i^* = \frac{\alpha_{\tau n} W_{\tau n} b_i}{\lambda_i A_{\text{эф}} t_{\tau}} \left[\frac{1}{3} \tau_N + F_{\text{от}} \tau_W - \Sigma \right],$$

где $\Sigma = \frac{2\tau_N}{\pi^2} \Sigma \frac{1}{n^2} \exp(-\pi^2 n^2 F_{\text{от}} \tau)$ ($i = 1, 2$; индекс 1 относится к металлическому элементу, индекс 2 – к фрикционному элементу пары);

$W_{\tau n}$ – полная работа торможения, Дж, n – натуральное число.

$$\alpha_{\tau n 2} = \left[1 + \frac{\psi_{V_2} b_2 \lambda_2 (1 - \alpha_{\tau n 1})}{\psi_{V_1} b_1 \lambda_1} \right]^{-1},$$

Где $\alpha_{\tau n 1} = 1 - \alpha_{\tau n 2}$ – коэффициент распределения тепловых потоков [1, 4];

ψ_{V_i} – коэффициент, учитывающий эффективные объемы, участвующие в теплопоглощении;

b_i – толщина элемента пары трения;

λ_i – теплопроводность;

t_{τ} – время торможения;

$F_{\text{от}}$ – критерий Фурье;

τ_N, τ_W, τ – относительные параметры времени, мощности и работы трения.

Выразим W через $Q_i = W_{\tau n} / A_{\text{эф}} t_{\tau}$, получим

$$\Delta\vartheta_i^* = \frac{\alpha_{\tau n} Q_i b_i}{\lambda_i} \left[\frac{1}{3} \tau_N + F_{\text{от}} \tau_W - \Sigma \right]. \quad (4)$$

На основании приведенных соображений и уравнений (3), (4) имеем

$$\frac{\alpha(\Delta\vartheta_i^*)}{d \left[\frac{1}{3} \tau_N + F_{\text{от}} \tau_W - \Sigma \right]} = \frac{\alpha_{\tau n} (Q_i - (\sigma_N - \sigma_{\text{нп}}) \sigma_{\text{н}}^2 + 2\sigma^* \sigma_{\text{н}}^2)}{\lambda_i b_i t_{\tau}^2}. \quad (5)$$

Таблица 1 – Теплофизические характеристики применяемых материалов [8, 16]

Наименование	Обозначение	Величина
Твердость ФАПМ 410-120 (Н/м ²)	НВ ₂	39·10 ⁷
Теплоемкость (Дж/кг·град) : смеси масел при 70° металлического элемента	$c_{\text{нп}}$	1780
	c_1	540,0
Теплопроводность (Дж/м·с·град) : металлического элемента асбополимерного элемента смеси масел при 70°	λ_1	49,2
	λ_2	0,62
	$\lambda_{\text{нп}}$	0,12
Температуропроводность (м ² /с): металлического элемента асбополимерного элемента	α_1	12,3·10 ⁻⁶
	α_2	0,25·10 ⁻⁶
Номинальное удельное давление (Н/м ²)	P	24·10 ⁵
Высота неровностей (max) металлического элемента (м)	h_1	1,7·10 ⁻⁶
Закругление микровыступа металлического элемента (м)	r_1	86·10 ⁻⁶
Параметры опорной поверхности металлического элемента	$b_{\text{от}}$	1,7
	v	1,15

После интегрирования уравнения (5) при начальных условиях $\tau^* = 0$, $\Delta\vartheta^* = 0$ окончательно получаем

$$\Delta\vartheta_i^* = \frac{\alpha_{\tau n} (Q_i - (\sigma_N - \sigma_{\text{нп}}) \sigma_{\text{н}}^2)}{\sigma_{\text{н}}^2} [1 - \exp(m\tau^*)], \quad (6)$$

где $m = -\frac{\alpha_{\tau n} b_i \lambda_i^{-1}}{\sigma_{\text{н}}^2}$;

$$\tau^* = \frac{1}{3} \tau_N + F_{\text{от}} \tau_W - \Sigma.$$

Уравнения (6) характеризует динамику приращения поверхностной температуры в процессе буксования фрикционного устройства, работающего в масле, и учитывает отвод тепла маслом. Как известно, максимальная температура поверхности трения может быть определена как сумма $\vartheta_{\max} = \vartheta^* + \vartheta_{\text{всп}}$, поэтому для полноты расчета необходимо определить температурную вспышку по известным формулам [1, 4-6].

В качестве примера возьмем ленточно-колодочный тормоз трактора Т-330, работающий в среде смазки. Остановочный тормоз работает в режиме однократных торможений до полной остановки. Средние для всех колодок значения коэффициента трения 0,04–0,08 определяют область работы тормоза, соответствующую граничному и полужидкому режиму трения.

Теплофизические характеристики применяемых материалов даны в табл. 1, где материал пары трения сталь 30Л + фрикционный абсополимерный материал 410-120 + смесь масел МТ-16П и Ау. Однако наличие масляной пленки на рабочих поверхностях изменяют эти параметры. Если принять, что масло равномерно распределено по рабочей поверхности барабана, то его структуру можно считать многослойной [12]. Приведенные теплофизические характеристики для однократного режима торможения рассчитываются с учетом $b_{\text{эф}}$ по следующим формулам:

приведенная теплопроводность

$$\lambda_{1\text{пр}} = (\delta_{11}/\lambda_{11} + \delta_{12}/\lambda_{12})^{-1}, \quad \delta_{11} = b_{11} A_{s1} b_{11}^{-1} A_{s1}^{-1}, \quad \delta_{12} = b_{12} A_{12} b_{11}^{-1} A_{s1}^{-1},$$

где индекс 11 относится к слою смазки, индекс 12 – к металлическому элементу;

приведенная теплоемкость

$$c_{1\text{пр}} = (G_{11} c_{11} + G_{12} c_{12}) (G_{11} + G_{12})^{-1},$$

приведенный удельный вес

$$\gamma_{1\text{пр}} = (G_{11} + G_{12}) (V_{12} + V_{11})^{-1},$$

приведенная температуропроводность

$$\alpha_{1\text{пр}} = \lambda_{1\text{пр}} (\gamma_{1\text{пр}} c_{1\text{пр}})^{-1}.$$

Из этих параметров существенное изменение испытывают только теплопроводность и соответственно температуропроводность. На теплоемкость и удельный вес очень тонкая и легкая масляная пленка влияния не оказывает, поэтому в дальнейшем будет рассчитывать только параметры $\lambda_{1\text{пр}}$ и $\alpha_{1\text{пр}}$. Для расчета необходимо знать толщину слоя смазки. Экспериментальное определение этой величины весьма затруднительно, а для пары трения, в которой используется мягкий фрикционный абсополимерный материал, сопряжено ещё и с большими погрешностями. По литературным данным толщина граничной масляной пленки может иметь величину от 0,1 мкм до нескольких мкм [1, 4, 13]. Оценим изменение приведенной теплопроводности и температуропроводности для указанного интервала толщин масляной пленки.

Таблица 2 – Результаты расчетов по формуле (7)

10^{-3} , м	Продолжительность цикла торможения, с			
	0,1	0,5	1,0	5,0
0,1	5,56	12,3	17,6	37,8
0,5	5,6	12,6	17,5	37,8
1,0	5,5	12,3	17,5	37,8
5,0	5,5	12,1	17,2	37,8
10,0	5,4	12,0	17,1	37,8

Результаты расчетов по формуле (7) представлены в таблице 2. Из нее видно, что приведенные параметры теплопроводности металлического элемента с ростом толщины масляной пленки меняются незначительно.

Для последующего расчета температур примем толщину слоя смазки, равную $1 \cdot 10^{-6}$ м и с соответствующими ему значениями $\lambda_{1,уп} = 12,3$ Дж/м·с·град и $\alpha_{1,уп} = 3,0 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Экспериментальную часть работы проводили на специальном стенде, позволяющем воспроизводить рабочие режимы тормозного узла. Во время испытаний фиксировали следующие параметры: тормозной момент, частоту вращения барабана, поверхностную температуру, время. Расход смазки изменяли ступенчато в диапазоне $(0,2-2) \cdot 10^{-4}$ м³/м²·с. Требуемая повторяемость опытов 4–5. Полная работа буксования составила $9,3 \cdot 10^4$ Дж с начальной скоростью 48 м/с.

Предварительно на стенде была получена необходимая для расчетов экспериментальная зависимость коэффициента ξ , выражающего собой величину нагрева масла в сравнении с поверхностной температурой от расхода масла для данного вида масляных канавок.

Типовые зависимости мощности, работы и скорости в относительных единицах от безразмерной продолжительности торможения представлены на рисунке 1.

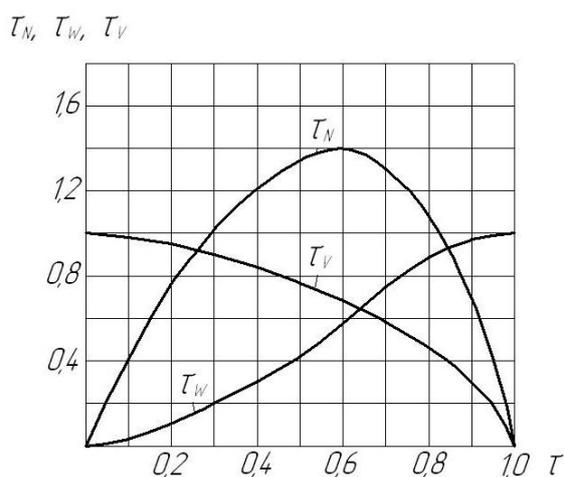


Рисунок 1 – Зависимости мощности (τ_N), работы (τ_W) и скорости (τ_V) торможения в относительных единицах от безразмерной продолжительности торможения (τ)

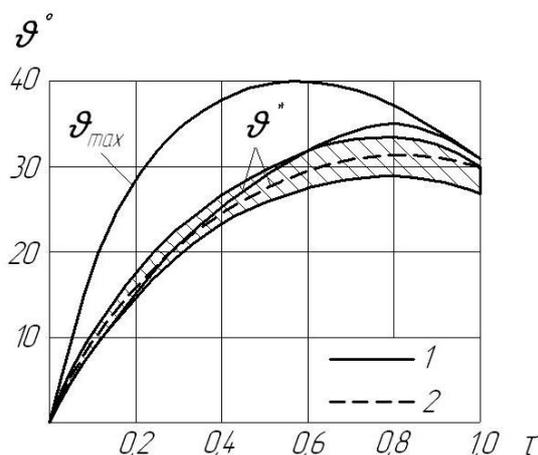


Рисунок 2 – Результаты расчетов среднеповерхностной температуры для расхода смазки $\omega = 0,65 \cdot 10^{-4}$ м³/м²·с и максимальной температуры

Закономерности изменения этих параметров определяют характер нарастания среднеповерхностной и максимальной температур на фактических пятнах контакта. При трении фрикционных асбополимерных материалов в паре со сталью пятна касания могут возникать в результате внедрения неровностей более твердого и жесткого металла в пластически деформируемый асбополимер или в результате смятия неровностей асбополимерного материала о более гладкие участки неровностей металла [1, 2, 5]. Температурная вспышка в этом случае согласно [1–3, 6] определяется по формуле

$$\theta_{max} = 1,71 W_{max} d_p a^{1/2} \tau_N \{ A_p \tau_p [4 \lambda_1 a^{1/2} + \lambda_2 (\pi d_p V_p)^{1/2}] \}^{-1},$$

где d_p – диаметр среднего пятна контакта при пластическом деформировании;

A_p – площадь фактического контакта [1, 2, 5].

Результаты расчетов среднеповерхностной температуры для расхода смазки $\omega = 0,65 \cdot 10^{-4}$ м³/м²·с и максимальной температуры, имеющей место на фактических пятнах

контакта, представлены на рисунке 2.

Для сравнения на этом же графике показана область экспериментальных точек (кривая 2) и их осредненная кривая (1 – расчет). Результаты расчетов среднеповерхностной температуры по формуле (6) с учетом приведенных значений теплофизических характеристик удовлетворительно согласуются с данными эксперимента. Максимальное отклонение не превышает 9 %. Расчетные зависимости теплонагруженности для остальных значений расхода смазки подобны рисунку 2, поэтому здесь не приводятся.

На рисунке 3 построена кривая по максимальным значениям поверхностных температур, рассчитанных для пяти точек в исследуемом интервале расходов смазки. Экспериментально полученная зависимость представлена кривой 2. Из этого графика видно, что расчеты (кривая 1) по формуле (6) удовлетворительно согласуются. Ошибка составляет 4–9 % в диапазоне расходов $(0,43–2,0) \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{к}^2 \cdot \text{с}$ с результатами эксперимента.

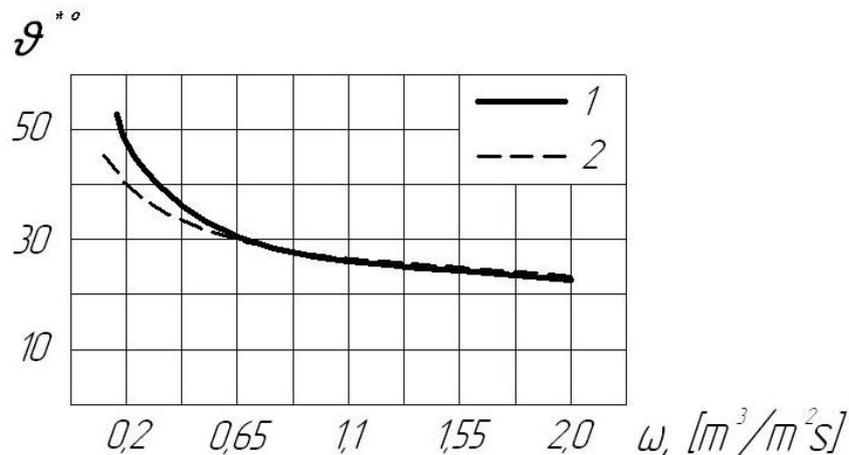


Рисунок 3 – Кривая, построенная по максимальным значениям поверхностных температур, рассчитанных для пяти точек в исследуемом интервале расхода смазки: 1 – расчетная, 2 – экспериментальная

Предложенный способ и формулы позволяют с достаточной точностью определять теплонагруженность узлов трения в процессе торможения.

Аналитическое определение температуры поверхности трения при повторно-кратковременных режимах торможения предлагается нами рассчитывать по данным работы [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичинадзе, А. В. Расчет, испытание и подбор фрикционных пар [Текст] / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, А. Г. Гинзбург, З. В. Игнатъева. - М.: Наука, 1979. - 268 с.
2. Поляков, Н. В. Расчетно-экспериментальное определение теплонагруженности остановочных тормозов трактора Т-330 [Текст] / Н. В. Поляков, А. В. Чичинадзе // Решение задач тепловой динамики и моделирования трения и износа. - М.: Наука. - 1980. - С. 43-49.
3. Поляков, Н. В. Аналитический расчет тепловой интенсивности трения при повторно-кратковременных торможениях [Текст] / Н. В. Поляков, Д. А. Попов, Е. В. Снятков // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 54-58.
4. Гинзбург, А. Г. Комплексная оценка рабочих характеристик фрикционных тормозов на стадии проектирования [Текст] / А. Г. Гинзбург, А. В. Чичинадзе // Задача нестационарного трения в машинах, приборах и аппаратах. - М.: Наука. - 1978. - С. 12-34.
5. Чичинадзе, А. В. Основы трибологии (трение, износ, смазка) [Текст]: учебник для технических вузов / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2001. - 664 с.
6. Polyakov, N. V. Calculation-experiment definition of calorific intensity of the stopping bracings of tractor T-330 – in book Decision problems of heat dynamics and modeling of friction and wear [Text] / N. V. Polyakov, A. V. Chichinadze. - M., Nauka, 1980. - 6 s;
7. Поляков, Н. В. К вопросу расчета теплонагруженности фрикционного контакта при повторно-

кратковременных торможениях [Текст] / Н. В. Поляков, Д. А. Попов, Е. В. Снятков // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - №1(36). - С. 31-35.

8. Справочник по триботехнике [Текст] / под ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, Варшава ВКЛ, 1992. - ТЗ. - 730 с.

9. Колесников, В. И. Теплофизические процессы в металлополимерных системах [Текст] / В. И. Колесников. - М.: Наука, 2003. - 320 с.

10. Шишкарёв, М. П. Эксплуатационные характеристики адаптивной фрикционной муфты второго поколения с раздельным силовым замыканием [Текст] / М. П. Шишкарёв, А. А. Лущик. - М.: Тракторы и сельхозмашины. - № 3, 2013. - С. 28-32.

11. Balakin, V.A. Optimize the design of ventilated brake cars [Текст] / V. A. Balakin, V. P. Sergienko, Y. Lysenok. - M.: Friction and Wear. - Volume 25. - №5, 2004. - P. 474 – 478.

12. Petrov, A. D. Choice, justification and application of a new criterion for the thermal load of work in the oil industry tractor brakes [Text] / A. D. Petrov, A. V. Chichinadze // Proc. tr. 3rd Mosk. Scientific and Technical Conf.: tribotechnology - Mechanical Engineering. - M.: - 1978. - P. 178.

13. Chichinadze, A. V. Heat dynamics of friction at high sliding speeds [Text] / A. V. Chichinadze, M. M. Maksimov, A. G. Ginzburg, V. M. Gorjunov, Ju. M. Piskunov // Eurotrib - 85, Lyon, France. - 1985. - V. 2. - P. 5 - 18.

14. Chichinadze, A. V. Oberflächtemperatur und Stabilität der Grenzschichten beim instationären Reibugszustand [Text] / A. V. Chichinadze, A. G. Ginzburg, A. H. Cernysev, S. G. Jasvili // Schmierungstechnik. Berlin. - 1986. - № 12. - P. 357 – 363.

15. Chichinadze, A. V. Probleme und Kriterien der Mischreibung. Untersuchungstechnik [Text] / A. V. Chichinadze, 1982. - № 13. - P. 366 – 368.

16. Сцепление транспортных и тяговых машин [Текст] / под ред. Ф. Р. Геккера, В. М. Шарипова, Г. М. Щеренкова. - М.: Машиностроение, 1989. - 344 с.

Поляков Николай Викторович

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Адрес: 394087, Россия, г.Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Производство, ремонт и эксплуатация машин»

Попов Дмитрий Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Адрес: 394087, Россия, г.Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Производство, ремонт и эксплуатация машин»

E-mail: qaz.7@mail.ru

Снятков Евгений Вячеславович

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Адрес: 394087, Россия, г.Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Производство, ремонт и эксплуатация машин»

N. V. POLYAKOV, D. A. POPOV, E. V. SNYATKOV

**METHOD OF CALCULATION HEAT-LOADED BRAKE,
OPERATES WITH GREASES**

The paper presents an original method for calculating the heat intensity friction brakes, working with lubrication.

Keywords: friction, heat intensity, surface temperature, heat return.

BIBLIOGRAPHY

1. Chichinadze, A. V. Raschet, ispytanie i podbor friksionnykh par [Текст] / A. V. Chichinadze, E. D. Bra-un, A. G. Ginzburg, Z. V. Ignat'eva. - М.: Nauka, 1979. - 268 s.

2. Polyakov, N. V. Raschetno-eksperimental'noe opredelenie teplonagruzhennosti ostanovochnykh tormozov traktora T-330 [Текст] / N. V. Polyakov, A. V. Chichinadze // Reshenie zadach teplovoy dinamiki i modelirotreniya i iznosa. - М.: Nauka. - 1980. - S. 43-49.

3. Polyakov, N. V. Analiticheskiy raschet teplovoy intensivnosti treniya pri povtorno-kratkovremennykh tormozheniyakh [Tekst] / N. V. Polyakov, D. A. Popov, E. V. Snyatkov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 54-58.
4. Ginzburg, A. G. Kompleksnaya otsenka rabochikh kharakteristik friktsionnykh tormozov na stadii proektirovaniya [Tekst] / A. G. Ginzburg, A. V. Chichinadze // Zadacha nestatsionarnogo treniya v mashinakh, priborakh i apparatakh. - M.: Nauka. - 1978. - S. 12-34.
5. Chichinadze, A. V. Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka) [Tekst]: uchebnik dlya tekhnicheskikh vuzov / A. V. Chichinadze, E. D. Braun, N. A. Bushe i dr.; pod obshch. red. A. V. Chichinadze. - M.: Mashinostroenie, 2001. - 664 s.
6. Polyakov, N. V. Calculation-experiment definition of calorific intensity of the stoping bracings of tractor T-330 - in book Decision problems of heat dynamics and modeling of friction and wear [Text] / N. V. Polyakov, A. V. Chichinadze. - M., Nauka, 1980. - 6 s;
7. Polyakov, N. V. K voprosu rascheta teplonagruzhennosti friktsionnogo kontakta pri povtorno-kratkovremennykh tormozheniyakh [Tekst] / N. V. Polyakov, D. A. Popov, E. V. Snyatkov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №1(36). - S. 31-35.
8. Spravochnik po tribotekhnike [Tekst] / pod red. M. Hebdy i A.V. Chichinadze. - M.: Mashinostroenie, Varshava VKL, 1992. - TZ. - 730 s.
9. Kolesnikov, V. I. Teplofizicheskie protsessy v metallopolimernykh sistemakh [Tekst] / V. I. Kolesnikov. - M.: Nauka, 2003. - 320 s.
10. Shishkariov, M. P. Eksploatatsionnye kharakteristiki adaptivnoy friktsionnoy mufty vtorogo po-koleniya s razdel'nym silovym zamykaniem [Tekst] / M. P. Shishkariov, A. A. Lushchik. - M.: Traktory i sel'khoz-mashiny. - № 3, 2013. - S. 28-32.
11. Balakin, V.A. Optimize the design of ventilated brake cars [Tekst] / V. A. Balakin, V. P. Sergienko, Y. Ly-senok. - M.: Friction and Wear. - Volume 25. - №5, 2004. - P. 474 - 478.
12. Petrov, A. D. Choice, justification and application - tion of a new criterion for the thermal load of work in the oil industry tractor brakes [Text] / A. D. Petrov, A. V. Chichinadze // Proc. tr. 3rd Mosk. Scientific and Technical. Conf.: tribotechnology - Mechanical Engineering. - M. . - 1978. - R. 178.
13. Chichinadze, A. V. Heat dynamics of friction at high sliding speeds [Text] / A. V. Chichinadze, M. M. Maksimow, A. G. Ginzburg, V. M. Gorjunow, Ju. M. Piskunow // Eurotrib - 85, Lyon, France. - 1985. - V. 2. - R. 5 - 18.
14. Chichinadze, A. V. Oberflachtemperatur und Stabilitat der Grenzschichten beim instationaren Reibugszustand [Text] / A. V. Chichinadze, A. G. Ginzburg, A. H. Cernysev, S. G. Jasvili // Schmierungstechnik. Berlin. - 1986. - № 12. - R. 357 - 363.
15. Chichinadze, A. V. Rrobleme und Kriterien der Mischreibung. Untersuchungstechnik [Text] / A. V. Chichinadze, 1982. - № 13. - R. 366 - 368.
16. Stseplenie transportnykh i tyagovykh mashin [Tekst] / pod red. F. R. Gekker, V. M. Sharipova, G. M. Shcherenkova. - M.: Mashinostroenie, 1989. - 344 s.

Polyakov Nikolai Viktorovich

FGBOU VPO "Voronezh State Academy of Forestry"

Address: 394087, Russia, g. Voronezh, ul. Timiryazeva d. 8

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Manufacturing, repair and operation of machinery"

Popov Dmitry Anatolyevich

FGBOU VPO "Voronezh State Academy of Forestry"

Address: 394087, Russia, g. Voronezh, ul. Timiryazeva d. 8

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Manufacturing, repair and operation of machinery"

E-mail: qaz.7@mail.ru

Snyatkov Evgeny Vjacheslavovich

FGBOU VPO "Voronezh State Academy of Forestry"

Address: 394087, Russia, g. Voronezh, ul. Timiryazeva d. 8

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Manufacturing, repair and operation of machinery"

УДК 629.113.073.001.57

В. Н. АБРАМОВ, Т. А. АИПОВ, Г. П. НОВИКОВ, В. Б. КАСПАРОВ

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПРОХОДИМОСТИ ПОЛНОПРИВОДНОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

В статье приведены результаты моделирования движения автомобиля на внутренней дополнительной опоре при повреждении пневматической шины, позволяющие расчетным путем определять основные показатели опорной проходимости полноприводной автомобильной техники, оценивать и прогнозировать уровень ее подвижности.

Ключевые слова: математическая модель, внутренняя дополнительная опора, «безопасное» колесо, проходимость автомобиля.

В условиях отсутствия автомобильных дорог или их разрушении одним из важнейших свойств полноприводных автомобилей, от которого может зависеть успешность выполнения задачи, становится их опорная проходимость. И главным фактором обеспечения высокого уровня подвижности полноприводной автомобильной техники (АТ), и в частности опорной проходимости колесной техники, является выбор автомобильных шин [1].

Создание «безопасных» колес, которые сохраняют работоспособность после повреждения колесного движителя (его пневматических шин), является одним из актуальных и своевременных решений сохранения подвижности АТ. Это направление приобретает в современных условиях особую значимость для многочисленных автомобильных транспортных средств.

Основные конструктивные решения колес с повышенной безопасностью представлены в таблице 1, из обзора исключены колеса с пневматическими шинами и вращающейся на ободе внутренней опорой, как заведомо недостаточно удовлетворяющие требованиям по сохранению подвижности при разрушении шины.

Для автомобилей многоцелевого назначения (АМН), используемых для выполнения большого объема транспортных работ, наиболее приемлемыми конструкциями следует считать колеса с пневматической радиальной бескамерной шиной [1] регулируемого давления и доработанным внутренним упругим ограничителем деформации (табл. 1, колесо № 7).

Такие колеса обеспечивают высокий уровень подвижности с неповрежденными шинами (в том числе на слабонесущих грунтах при регулировании давления воздуха в них) и способны сохранять подвижность автомобилей при наличии различных сквозных эксплуатационных повреждений и порезов шин.

Однако стоит отметить, что возможность движения автомобиля без избыточного давления воздуха в шинах по деформируемым грунтам, с существенным снижением скорости (в 2-3 раза) и развиваемой силы тяги (в 1,5-2 раза), сохраняется до тех пор, пока шины не разрушены.

При разрушении шин и отрыве беговой дорожки движение автомобиля (на внутренних опорах) может осуществляться только в относительно легких дорожных условиях (укатанные грунтовые дороги, прочные сухие грунты).

Таблица 1 - Преимущества и недостатки основных конструктивных решений «безопасных» колес

Конструктивное решение		Преимущества	Недостатки	Мероприятия по совершенствованию	
1	Без давления в шине	«Жесткое колесо» (массивная шина)	1. Подвижность только на твердых дорогах.	1. Низкая подвижность, особенно на деформируемых грунтах. 2. Большая масса, динамическая нагрузка, вибрация, разогрев, заметность. 3. Разрушение массива.	1. Легкие сплавы и композиты. 2. Низкий гистерезис резины. 3. Увеличение диаметра.
2		«Эластичное колесо» (губчатая камера)	1. Ограниченная подвижность.	1. Низкая подвижность, особенно на деформируемых грунтах. 2. Большая масса, разогрев. 3. Потеря подвижности при разрушении шины. 4. Пониженная ходимость и скорость.	1. Увеличение диаметра. 2. Снижение разогрева, газопроницаемости. 3. Повышение теплоустойчивости.
3		«Упругое колесо» (каркасного типа)	1. Ограниченная подвижность. 2. Высокий уровень подвижности только в условиях дорог, соответствующих радиальным жесткостям каркаса.	1. Неприспособленность к движению при отсутствии регулирования жесткости каркаса.	1. Новые материалы, нанотехнологии, регулирование жесткости упругого каркаса.
4	С давлением в шине	«Серийное колесо» (бескамерная)	1. Работоспособность бескамерной шины с СРДВШ и не более 10 сквозных пробоев до 10 мм. 2. Высокий уровень подвижности с исправными шинами, безопасность при повреждениях шин.	1. Потеря подвижности без давления, при повреждениях шины и обода. 2. Низкая эффективность СРДВШ по проходному сечению вентиля. 3. Разогрев, заметность.	1. Ограничители деформации. 2. Вентили большого диаметра. 3. Бескамерные шины, распорногерметизирующее кольцо.
5		«Утолщенное колесо» (боковинами шины)	1. Ограниченная подвижность, в т.ч. без давления.	1. Большая масса, разогрев, заметность. 2. Повышенное сопротивление движению, высокая радиальная жесткость неповрежденных шин на грунтах.	1. Низкий гистерезис резины. 2. Упругий каркас боковин.
6		«Колесо с НОД» (наружным ограничителем деформации)	1. Ограниченная подвижность без давления и при повреждениях шины. 2. Защита боковин. 3. Высокий уровень подвижности на исправных шинах.	1. Низкая эффективность регулирования давления на грунтах. 2. Высокая динамическая нагрузка на твердой дороге без давления или сниженном.	1. Комбинация внутренних ограничителей деформации и подвешиваемых защитных экранов.
7		«Колесо с ВДО» (внутренней дополнительной опорой)	1. Ограниченная подвижность, в т.ч. без давления и при разрушениях шины. 2. Высокий уровень подвижности при исправных шинах. 3. Ремонт пробоев шин без их демонтажа.	1. Разогрев, разрушение шины опорой. 3. Снижение скорости движения, устойчивости. 4. Потеря подвижности на грунтах при разрушении шины.	1. Лепестковая ВДО. 2. Отсутствие трения опоры о боковину шины. 3. Обеспечение необходимого прогиба опоры на грунтах.

В более тяжелых грунтовых условиях, таких как снежная целина, глубиной более 0,4 м, размокшие суглинки, сухой сыпучий песок, автомобили на внутренних опорах теряют способность к самостоятельному передвижению [2].

Так, например, при отсутствии давления воздуха во всех шинах модели КИ-113 с внутренней дополнительной опорой (ВДО) автомобиль ГАЗ-39371 в экстремальных ситуациях может продолжить движение на расстояния до 150 км при скорости движения до 30 и 39-40 км/ч соответственно до и после разрушения шин (на ВДО) по дорогам с твердым покрытием, укатанным грунтовыми дорогам и прочным (малодеформируемым) грунтам (рис. 1).



Рисунок 1 - Испытания безопасных колес по бездорожью на автомобиле ГАЗ-39371

Скорость движения в первом случае (30 км/ч) ограничивается мощностью двигателя (сопротивление качению возрастает до 7 раз), а во втором (39-40 км/ч) – неудовлетворительной курсовой устойчивостью автомобиля вследствие недостаточной боковой жесткости выступа ВДО. Ресурс шин КИ-113 с ВДО без избыточного давления воздуха в них составляет 7-11 км при скорости 20-30 км/ч и их разрушение обусловлено (рис. 2), в основном, не температурой разогрева, а механическим разрушением (отрывом беговой дорожки) при накате выступов протектора опоры на боковину шины [2].

При разработке «безопасного» колеса важно выбрать параметры, при которых автомобиль будет обладать высоким уровнем опорной проходимости как с исправными, так и с поврежденными шинами. Кроме того, необходимо смоделировать движение такого колеса в различных дорожных условиях, особенно на деформируемых грунтах и при поврежденных (разрушенных) шинах.

Поэтому, необходимость моделирования движения автомобиля на внутренней дополнительной опоре при повреждении пневматической шины очевидна.

Разработка *математической модели* равномерного прямолинейного движения колеса с пневматической шиной и внутренней дополнительной опорой по деформируемому грунту предполагает получение зависимостей, описывающих взаимодействие движителя автомобиля с грунтом с учетом процессов взаимодействия ВДО с внутренней полостью шины (рис. 3), позволяющих *расчетным путем определять основные показатели опорной проходимости* в различных дорожных условиях в случаях отсутствия давления в шине и при ее повреждении (или разрушении) [3].



Рисунок 2 – Движение автомобиля ГАЗ-39371 на разрушенных шинах модели КИ-113 с ВДО

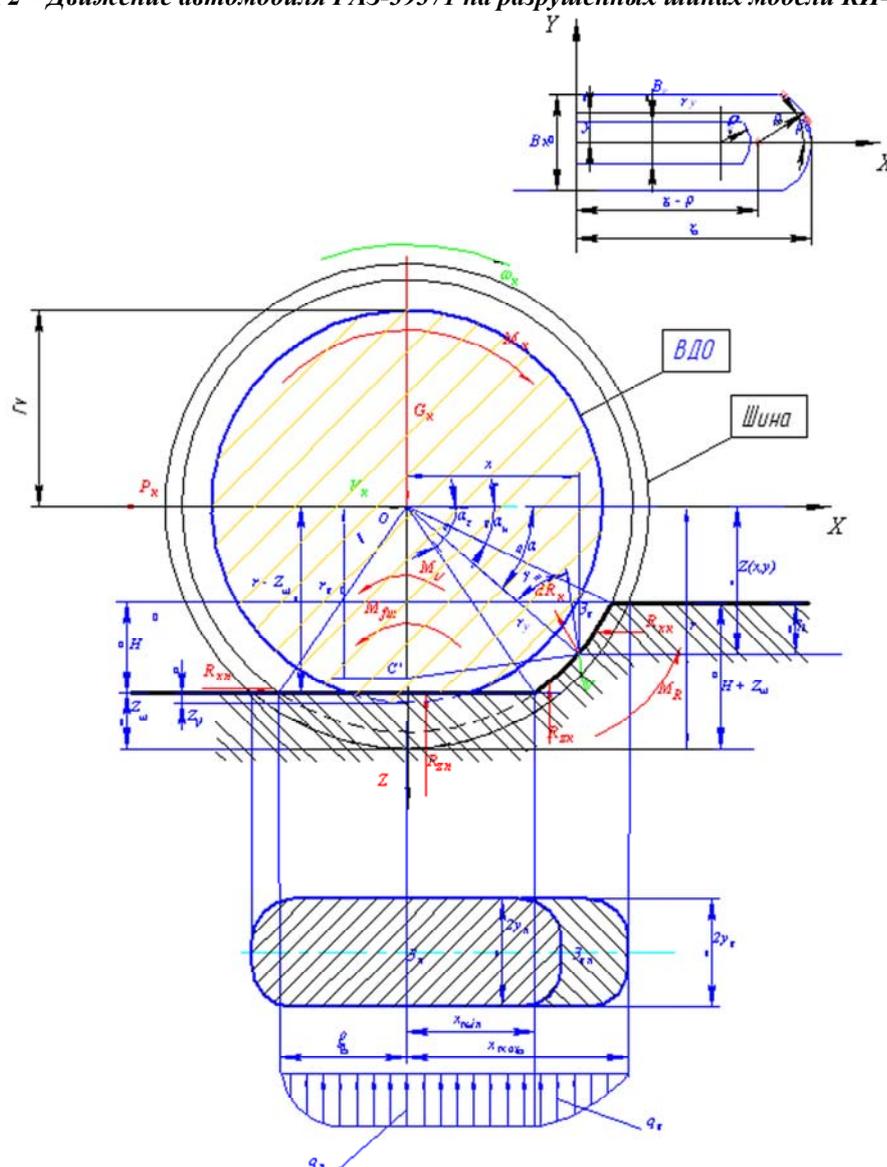


Рисунок 3 – Расчетная схема качения колеса с ВДО по деформируемому грунту

Задачу определения показателей качения одиночного колеса будем решать в функции задаваемых коэффициентов его пробуксовки S_{σ} в соответствии с полученными зависимостями.

Работу сопротивления качению колеса (P_{fk}) удобнее выражать условной силой, численно равной энергетическим затратам на преодоление сопротивления деформированию грунта (P_{fzk}) и гистерезисные потери в шинах (P_{fju}), отнесенные к пройденному пути:

$$P_{fk} = \frac{M_{\kappa}}{r_{\kappa}} - P_{\alpha_{\kappa}}, \quad (1)$$

$$P_{fk} = P_{fzk} + P_{fju}, \quad (2)$$

где M_{κ} , r_{κ} и P_{α} – крутящий момент на колесе (Н·м), радиус качения (м) в текущем режиме и сила тяги (Н) на крюке соответственно.

Для сравнения эффективности колес с различными размерами и нагрузками их силовые и энергетические показатели целесообразно выражать в удельной форме.

Максимальная удельная сила тяги по сцеплению равна:

$$K_{Tmax} = \frac{R_{xmax}}{R_z}, \quad (3)$$

и **удельная работа на преодоление сопротивления качению** (работа на единицу веса и единицу пути)

$$f_{\kappa} = \frac{P_{fzk} + P_{fju}}{R_z} = f_{zk} + f_{ju}, \quad (4)$$

где $R_{xmax} = P_{\kappa max}$ – максимальная сила тяги (Н), а $R_z = G_{\kappa}$ – вес (Н), f_{κ} – удельная работа сопротивления качению суммарная, f_{zk} – удельная работа деформирования грунта колесом.

Кроме приведенных показателей для оценки воздействия на почву используется развиваемое колесом максимальное давление на почву, которое соответствует нормальному давлению на дне колеи q_n , определяемому по формуле (5).

$$q_n(x, y, S'_{\sigma}) = \begin{cases} k_q(S'_{\sigma}) p_{\sigma} \left(\frac{H}{H_p}\right)^{\mu} = q_{II}, & \text{если } x > -\frac{l_n}{2} \\ k_q(S'_{\sigma}) p_{\sigma} \left(\frac{H}{H_p}\right)^{\mu} \sqrt{1 - \left(\frac{2x}{l_n} + 1\right)^2} = q_{II} \sqrt{1 - \left(\frac{2x}{l_n} + 1\right)^2}, & \text{если } x \leq -\frac{l_n}{2} \end{cases}, \quad (5)$$

где $l_n = \sqrt{r_y^2 - (r - z_{ш})^2}$ – половина длины (м) плоской зоны контакта в рассматриваемом сечении. Здесь первое уравнение описывает постоянное распределение давлений (МПа) в передней части плоской зоны ($x > -l_n/2$), а второе – падение давления по эллиптическому закону в задней части плоской зоны ($x \leq -l_n/2$).

Итак, качение колеса характеризуется **четырьмя параметрами**:

прогибами шины ($z_{ш}$, м) и ВДО ($z_{вдо}$, м), глубиной колеи (H , м) и буксованием (S_{σ}).

Для их определения имеется система трех уравнений в случаях, если:

1) Шина не разрушена:

$$\begin{aligned} G_{\kappa} &= R_{zk}(z_{ш}, H, S'_{\sigma}) + R_{zn}(z_{ш}, H, S'_{\sigma}), \\ R_{zn}(z_{ш}, H, S'_{\sigma}) &= c_{ш}z_{ш} + c_{v}z_{вдо}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$z_{\text{вдо}} = \begin{cases} 0 & \text{при } z_{\text{ш}} < z_{\text{шд}} \\ z_{\text{ш}} - z_{\text{шд}} & \text{при } z_{\text{ш}} \geq z_{\text{шд}} \end{cases},$$

2) Шина разрушена:

$$G_{\kappa} = R_{\text{зк}}(z_{\text{вдо}}, H, S_{\delta}^{\prime}) + R_{\text{zn}}(z_{\text{вдо}}, H, S_{\delta}^{\prime}),$$

$$R_{\text{zn}}(z_{\text{вдо}}, H, S_{\delta}^{\prime}) = c_{\nu} z_{\text{вдо}},$$

$$z_{\text{ш}} = 0.$$
(7)

В качестве четвертого уравнения используется условие, задающее режим качения колеса.

Например: $S_{\delta} = 0$ – движение без буксования;

$M_{\kappa} = 0$ – ведомый режим, дополнительное уравнение:

$$R_x = \int_{-y_{\kappa}}^{y_{\kappa}} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} dR_{\text{xk}} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z(x, y)}{\partial y}\right)^2} + \int_{-y_n}^{y_n} \int_{-x_n}^{x_n} dR_{\text{xn}},$$
(8)

$P_{\kappa} = 0$ – свободный режим, дополнительное уравнение:

$$R_{\text{зк}}(z_{\text{ш}}, H, S_{\delta}^{\prime}) + R_{\text{zn}}(z_{\text{ш}}, H, S_{\delta}^{\prime}) = 0.$$
(9)

Таким образом, полученное математическое описание процесса **прямолинейного качения эластичного колеса с ВДО по деформируемому грунту** при известных нагрузочных и размерных параметрах колеса, показателях жесткостных характеристик и характеристик протектора его эластичной шины, а также механических параметрах грунта позволяет расчетным путем определять все показатели характеристик этого качения, например, в функции буксования колеса или других параметров (нагрузки, давления воздуха в шине и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов, Н.Ф. Тенденции развития зарубежной военной автомобильной техники [Текст] / Н.Ф. Ершов, В.В. Шипилов // Книга 2/ 21 НИИИ МО РФ. - М.: Воениздат, 2008. – 391 с.
2. Исследование проблем создания и конструктивных решений «безопасных» шин и шин повышенной ходимости для перспективных образцов автомобильной техники. //Отчет о НИР (шифр «Пятихатец»)/ ФГУ 21 НИИИ МО РФ, инв. 8035, 2008. – 188 с.
3. Исследование концептуальных вопросов формирования Типажа ВАТ и повышение уровня эксплуатационных свойств военной автомобильной техники. // Отчет о НИР (шифр «Гормон»), этап 2 / НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ, инв. 17971, 2010. – 143 с.

Абрамов Вячеслав Николаевич

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации) «Федерального бюджетного учреждения 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» - НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, Россия, г. Бронницы, Московская область, ул. Советская, д. 106

Д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник

E-mail: tabakar456@mail.ru

Новиков Георгий Павлович

НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, Россия, г. Бронницы, Московская область, п. Горка, д. 7

Канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник

E-mail: georg-novik@mail.ru

Каспаров Владислав Борисович

НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, Россия, г. Бронницы, Московская область, п. Горка, д. 15

Начальник научного управления

E-mail: vladislav_2802@mail.ru

V. N. ABRAMOV, T. A. AIPOV, G. P. NOVIKOV, V. B. KASPAROV

DESIGN EVALUATION PARAMETERS FLOTATION WHEEL-DRIVE VEHICLES IF DAMAGED PADDLE WHEELS

In article are brought results of modeling of the moving the car on internal additional full tilt under destroyed pneumatic tyre, allowing accounting way to define the leading indexes to supporting passability of the full drive car technology, value and forecast their level to mobilities.

Keywords: *mathematical model, internal additional full tilt, "safe" wheel, passability car.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ershov, N.F. Tendentsii razvitiya zarubezhnoy voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / N.F. Ershov, V.V. Shipilov // Kniga 2/ 21 NIIE MO RF. - M.: Voenizdat, 2008. - 391 s.
2. Issledovanie problem sozdaniya i konstruktivnykh resheniy "bezopasnykh" shin i shin povyshennoy khodimosti dlya perspektivnykh obraztsov avtomobil'noy tekhniki. //Otchet o NIR (shifr "Pyatikhatets")/ FGU 21 NIIE MO RF, inv. 8035, 2008. -188 s.
3. Issledovanie kontseptual'nykh voprosov formirovaniya Tipazha VAT i povyshenie urovnya ekspluatatsionnykh svoystv voennoy avtomobil'noy tekhniki. //Otchet o NIR (shifr "Gormon"), etap 2 / NIITS AT 3 TSNI MO RF, inv. 17971, 2010. - 143 s.

Abramov Vyacheslav Nikolaevich

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, g. Bronnitsy, Moscow area, str. Soviet, d. 106

Doctor of the technical sciences, professor, main scientific employee

E-mail: tabakar456@mail.ru

Novikov Georgiy Pavlovich

NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, g. Bronnitsy, Moscow area, p. Hutch, d. 7

Candidate tech. sciences, assistant professor, leading scientific employee

E-mail: georg-novik@mail.ru

Kasparov Vladislav Borisovich

NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, g. Bronnitsy, Moscow area, p. Hutch, d. 15

Chief of scientific management

E-mail: vladislav_2802@mail.ru

*Продолжается подписка на журнал
«Мир транспорта и
технологических машин»*

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

УДК 656.13

С. Н. ГЛАГОЛЕВ А. А. КОНЕВ

РЕАЛИЗАЦИЯ КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье выделены проблемы развития транспортной отрасли в регионах РФ. Показана значимость придорожного сервиса для повышения безопасности дорожного движения и эффективности работы автомобильного транспорта. Представлена реализация развития придорожного сервиса на основе кластерной системы в Белгородской области.

Ключевые слова: кластер, придорожный сервис, регион, развитие.

Road transport plays a key role in the transport system of the Russian Federation, and the level of motorization of the population is growing. Along with growing motorization of the population continues to lag behind in the development of transport infrastructure, the road network capacity, as well as its operational status.

In a number of regions of the Russian Federation, the state of objects Automobile and Road Infrastructure, their geographical location and the quality of their services has a number of deficiencies and does not meet modern requirements for objects of roadside service.

Optimization of automobile and road maintenance, in particular roadside service and management in the road sector was considered in the works of scientists - Gudkov V.A., Corchagin V.A., Habibullin R.G. and others. Despite already obtained scientific results of the leading scientists of the industry, some of the theoretical and practical problems in the field of transport infrastructure development require a more in-depth consideration.

Among the problems of the transport sector we can identify the following:

- poor quality of transport services;
- existence of territorial and structural imbalances in the development of transport infrastructure;
- insufficient availability of transportation services for the population;
- low level of export of transport services, including the use of transit potential;
- insufficient transport safety;
- the negative impact of transport on the environment.

These and other factors significantly limit the growth of the economy. Solution to these problems should be a long-term transport strategy, approved by the Government of the Russian Federation in 2008. This document defines the main strategic directions and targets of the transport system for the period up to 2030.

As part of the "Transport Strategy of Russia for the period up to 2030" provides for the construction of freight terminals and logistic centers, service stations and repair of motor vehicles, parking lots, campsites and hotels in the roadside area.

Among the tasks of the approved "Transport Strategy" in the Development of the road is equipping zones for service and repair services of cars, parking and recreational drivers.

However, due to Russia's WTO accession and the creation of the Common Economic Space, should be made the main areas of transport policy, with the aim of creating a balanced transport infrastructure, implementation of the transit potential of the country, providing the population with high-quality transport services, improving the safety of the transport system and reducing its negative impact on the environment.

The efficiency of the vehicle depends on many conditions and factors, among which should be highlighted the particular level of roads and roadside service. To roadside infrastructure related

objects that are not directly related to the operational characteristics of the road, but having a direct and indirect influence on such an important indicator of the safety and ride comfort for drivers. These include, first of all, the objects of roadside service.

In accordance with Government Decree № 860 from 29.10.2009. "On requirements for the provision of public roads road service, placed within the boundaries of the right of way" identify the following types of objects of road service: motel (camping), catering, refueling point, car wash, service station, rest area [1]. According to the Decree of the Government of the Russian Federation also set the maximum distance between objects of one type of road service (tab. 1).

Table 1 - Requirements for the provision of public roads of federal, regional, inter-municipal and local objects of road service

Class (category) of the road	Type of property service road	The maximum distance between objects of one type of service road, km
Motorway (IA), high-speed road (B) No high-speed road (IB)	motel (camping)	250
	catering	100
	filling station (including washing the item trade company)	100
	service station	100
	recreation area *	50
No high-speed road (II), No high-speed road (III)	catering	100
	filling station (including washing the item trade company)	100
	service station	100
	recreation area *	50
No high-speed road (IV)	catering	150
	filling station (including washing the item trade company)	150
	service station	150
	recreation area	75
No high-speed road (V)	filling station (including washing the item trade company)	300
	catering	300

* For Highway IA, IB, IB and II of the categories with the number of lanes 4 and a recreation area shall be located on both sides of the road

Accommodation enterprises and service facilities shall be in accordance with the climatic and geographical conditions of the region; calculations and taking into account the capacity of existing service points. Must take into account the buildings along the road, the availability of human and material resources, the level of the road network, the prospects of the main road and motorway service areas [2].

Road transport and road infrastructure play a key role in regional development. Thus, according to the "Strategy of socio-economic development of the Belgorod region until 2025" the development of transport and logistics cluster must ensure economic growth and competitiveness of the Belgorod region, improving the efficiency of transport [3]. The cluster system of organization of production and infrastructure adopted as the base in the region.

The cluster approach form of roadside service seems technologically interrelated and complemented modules. The attractiveness of modular construction is gradually increasing volume of services and the types of services that will attract investors with different start-up capital.

Particularities of the road service is a situation unique to the process of consumption of services - the existence of unmet demand, while meeting the needs. In this case, the need is satisfied by self-service. This fact must be taken into account in determining the composition of services for a particular company, which is part of the service cluster.

Results of the study of quality of service on roads roadside Belgorod region led to the conclusion that there are several problems associated with the ability to obtain high-quality roadside

services, namely, there is no possibility of obtaining basic household services, lack of places equipped with parking and maintenance of transport means, etc.

As noted above, the socio-economic stability of the region is inextricably linked with the development of its transport infrastructure. In the Belgorod region administration, intensive efforts supporting national programs of development of transport infrastructure. Considered received government programs, and based on them are developed adapted to the specifics of the region's internal development programs. An example of such work is the cooperation program, Belgorod State Technological University, one of the areas which is the implementation of the grant on the topic "Scientific and technical rationale for the transport and logistics system resource provision formed clusters and zones of advanced development of the Belgorod region." Implementation of the project is a pilot version of the formation and development of regional cluster in roadside service for Korochansky region.

As part of the development of transport infrastructure in the area proposed items complexes roadside service, structurally formed on the principle of two-way direction:

- the main form of the sale of services, roadside service transit transport services;
- secondary form of implementation services, servicing domestic sector, owners of vehicles from small surrounding communities.

This form of implementation services will help stabilize the economic situation of small settlements area by partial employment, transfer services in the area of access to remote areas and from the center and the development of the settlement to 2030.

Practical implementation of the proposed project has already begun. The first object to be built in the framework of the concepts of "Formation and development of the cluster Korochansky region in roadside service", developed in response to the request of the Governor of Belgorod region E.S. Savchenko on the basis of current experience with the participation of specialists from Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov is a complete roadside complex "Teply Stan".

On the territory of experts recommended at the entrance to Pogorelovskoe - rural settlement of Korochansky region, along the 49-kilometer road "Belgorod - Pavlovsk", located service cluster "Teply Stan" (fig. 1). The first complex of this level in the Belgorod agglomeration built with representatives of the business community of the region.

New roadside cluster solves several problems: there are available car wash for cars and heavy trucks, service center, parking for 100 heavy-duty trucks, tire service, convenience store, motel, cafe. Creating complex cost \$ 80 million rubles. This is the first in the service center, which can provide roadside service European level. In addition, its construction has made it possible to create about twenty jobs for residents.



Figure 1 - Modern up a complete roadside complex "Teply Stan" [3]

Development of road infrastructure should be based on evidence-based recommendations. Only in this way it will be possible to eliminate the spontaneous formation of roadside service, and create conditions for the improvement of road safety and comfort of motorists.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосова, Д. В. Придорожный сервис России и мировой опыт [Текст] / Д. В. Амосова, М. И. Шаров // Современные технологии и научно-технический прогресс. - 2014. - Т.1. - № 1. - С. 38-43.
2. Боронников, Д. А. Анализ основных проблем формирования современной системы придорожного сервиса на территории Российской Федерации [Текст] / Д. А. Боронников, С. Н. Первунин, А. Г. Яковенко // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. - 2011. - № 2. - С. 267-273.
3. В Корочанском районе открылся придорожный сервисный комплекс «Теплый стан» // Мир Белогорья. – [Режим доступа]: <http://mirbelogorya.ru/region-news/52-korocha/12184-v-korochanskom-rajone-otkrylsya-pridorozhnyj-servisnyj-kompleks-teplyj-stan.html> (19.09.2014).
4. Глаголев, С. Н. Методологические основы формирования механизма адаптации промышленных предприятий в условиях изменяющейся рыночной среды [Текст]: монография / С. Н. Глаголев. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. - 163 с.
5. Глаголев, С. Н. Теория оценки экономической устойчивости предприятий сервиса автомобильного транспорта [Текст] / С. Н. Глаголев, С. И. Головин, Н. С. Севрюгина // Мир транспорта и технологические машины. 2011. №4 (35). С.42-45.
6. Глаголев, С. Н. Концепция разработки принципов и критериев управления потоками системы менеджмента качества для предприятий фирменного обслуживания автомобильного транспорта [Текст] / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина, Е. А. Власова // Автотранспортное предприятие. - 2012. - №7. - С.52-53.
7. Глаголев, С. Н. Математическая модель оценки эффективности развития территорий региона при формировании кластеров придорожного сервиса [Текст] / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина, А. А. Конев // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - №3. - С.121-125.
8. Горшкова, Н. Г. Формирование и развитие районных кластеров в сфере придорожного сервиса [Текст] / Н. Г. Горшкова // Труды Международной научно-практической конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан - 2030» (Сагиновские чтения №4). - Часть III. – Караганда. - 2012. - С. 254-258.
9. Евсеева, А. А. Стратегический аспект развития придорожного сервиса в России [Текст] / А. А. Евсеева, Бунтина Д.К. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». - 2013. - Т. 4. - № 34. - С. 2816-2820.
10. Евсеева, А. А. Актуальные проблемы развития придорожного сервиса в современных условиях [Текст] / А. А. Евсеева, А. А. Казаков // Вестник развития науки и образования. - 2014. - № 2. - С. 122-124.
11. Заркович, А. В. Оценка влияния кластеров на инновационное развитие стран и регионов [Текст] / А. В. Заркович, Е. А. Стрябкова // Креативная экономика. - 2013. - № 11 (83). - С. 13-20.
12. Меркулова, Т. А. Особенности развития придорожного сервиса [Текст] / Т. А. Меркулова // Экономика. Право. Печать. Вестник КСЭИ. - 2013. - № 4. - С. 175-179.
13. Глаголев, С. Н. Общие вопросы кластерного подхода в формировании региональной системы придорожного сервиса на примере Корочанского района Белгородской области [Текст] / С. Н. Глаголев, Н. Г. Горшкова, Н. С. Севрюгина, А. А. Конев // Наука и техника транспорта. - 2013. - №2. - С. 63-66.
14. О требованиях к обеспеченности автомобильных дорог общего пользования объектами дорожного сервиса, размещаемыми в границах полос отвода [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 29.10.2009 года №860. - Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96527/> (10.09.2014).
15. Портер, М. Конкуренция [Текст]: пер. с англ. / М. Портер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. - 608 с.: ил. - Парал. тит. англ.
16. Слабинская, И. А. Кластерная политика и перспективы инновационного развития российских регионов [Текст] / И. А. Слабинская, Е. А. Стрябкова // Экономика и управление: проблемы, решения. - 2013. - № 7(19). - С. 28-34.
17. Стратегии социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года [Электронный ресурс]: постановление Правительства Белгородской области от 25.01.2010 г. № 27-пп). – Режим доступа: http://www.belregion.ru/strat_ser. (10.09.2014).

18. Стрябкова, Е. А. Влияние кластерной политики на конкурентоспособность России и ее регионов [Текст] / Е. А. Стрябкова, В. Л. Курбатов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2014. - №2. - С. 104-107.

19. Выборнова, В. В. Управление конкурентоспособностью фирмы [Текст]: учебное пособие / В. В. Выборнова, Е. А. Никитина, А. А. Рудычев, Е. Д. Щеглинина. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. - 138 с.

20. Фоменко, Ю. В. Перспективы инновационного развития транспортно-логистического кластера Белгородской области [Текст] / Ю. В. Фоменко, В. В. Деменко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2010. - №1. - С. 202-205.

Глаголев Сергей Николаевич

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Д-р экон. наук, ректор БГТУ им. В.Г. Шухова, профессор кафедры «Сервис транспортных и технологических машин»

E-mail: rector@intbel.ru

Конев Алексей Александрович

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Аспирант кафедры «Сервис транспортных и технологических машин»

E-mail: konev_alexsei@mail.ru

S. N. GLAGOLEV, A. A. KONEV

SALE CLUSTER SYSTEM OF ROADSIDE SERVICE IN THE BELGOROD REGION

The article highlights the problems of development of the transport sector in the Russian regions. The importance of roadside service to improve road safety and efficiency of road transport. Shows an implementation of roadside service on the basis of the cluster system in the Belgorod region.

Keywords: Cluster, roadside service, the region, development.

BIBLIOGRAPHY

1. Amosova, D. V. Pridorozhnyy servis Rossii i mirovoy opyt [Tekst] / D. V. Amosova, M. I. Sharov // Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskiy progress. - 2014. - T.1. - № 1. - S. 38-43.

2. Boronnikov, D. A. Analiz osnovnykh problem formirovaniya sovremennoy sistemy pridorozhnogo servisa na territorii Rossiyskoy Federatsii [Tekst] / D. A. Boronnikov, S. N. Pervunin, A. G. YAKovenko // Iz-vestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI. - 2011. - № 2. - S. 267-273.

3. V Korochanskom rayone otkrylsya pridorozhnyy servisnyy kompleks "Teplyy stan" // Mir Belogo-r`ya. - [Rezhim dostupa]: <http://mirbelogorya.ru/region-news/52-korocho/12184-v-korochanskom-rajone-otkrylsya-pridorozhnyj-servisnyj-kompleks-teplyj-stan.html> (19.09.2014).

4. Glagolev, S. N. Metodologicheskie osnovy formirovaniya mekhanizma adaptatsii promyshlennykh predpriyatij v usloviyakh izmenyayushcheysya rynochnoy sredy [Tekst]: monografiya / S. N. Glagolev. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2007. - 163 s.

5. Glagolev, S. N. Teoriya otsenki ekonomicheskoy ustoychivosti predpriyatij servisa avtomobil'nogo transporta [Tekst] / S. N. Glagolev, S. I. Golovin, N. S. Sevryugina // Mir transporta i tekhnologicheskie ma-shiny. 2011. №4 (35). S.42-45.

6. Glagolev, S. N. Kontseptsiya razrabotki printsipov i kriteriev upravleniya potokami sistemy me-dnedzhmenta kachestva dlya predpriyatij firmennogo obsluzhivaniya avtomobil'nogo transporta [Tekst] / S. N. Glagolev, N. S. Sevryugina, E. A. Vlasova // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2012. - №7. - S.52-53.

7. Glagolev, S. N. Matematicheskaya model` otsenki effektivnosti razvitiya territoriy regiona pri formirovanii klasterov pridorozhnogo servisa [Tekst] / S. N. Glagolev, N. S. Sevryugina, A. A. Konev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №3. - S.121-125.

8. Gorshkova, N. G. Formirovanie i razvitie rayonnykh klasterov v sfere pridorozhnogo servisa [Tekst] / N. G. Gorshkova // Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Nauka i obrazovanie - vedushchiy faktor strategii "Kazakhstan - 2030" (Saginovskie chteniya №4). - Chast' III. - Karaganda. - 2012. - S. 254-258.
9. Evseeva, A. A. Strategicheskiy aspekt razvitiya pridorozhnogo servisa v Rossii [Tekst] / A. A. Evseeva, Buntina D.K. // Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal "Kontsept". - 2013. - T. 4. - № 34. - S. 2816-2820.
10. Evseeva, A. A. Aktual'nye problemy razvitiya pridorozhnogo servisa v sovremennykh usloviyakh [Tekst] / A. A. Evseeva, A. A. Kazakov // Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya. - 2014. - № 2. - S. 122-124.
11. Zarkovich, A. V. Otsenka vliyaniya klasterov na innovatsionnoe razvitie stran i regionov [Tekst] / A. V. Zarkovich, E. A. Stryabkova // Kreativnaya ekonomika. - 2013. - № 11 (83). - S. 13-20.
12. Merkulova, T. A. Osobennosti razvitiya pridorozhnogo servisa [Tekst] / T. A. Merkulova // Ekonomika. Pravo. Pechat'. Vestnik KSEI. - 2013. - № 4. - S. 175-179.
13. Glagolev, S. N. Obshchie voprosy klasterogo podkhoda v formirovanii regional'noy sistemy pridorozhnogo servisa na primere Korochanskogo rayona Belgorodskoy oblasti [Tekst] / S. N. Glagolev, N. G. Gorshkova, N. S. Sevryugina, A. A. Konev // Nauka i tekhnika transporta. - 2013. - №2. - S. 63-66.
14. O trebovaniyakh k obespechennosti avtomobil'nykh dorog obshchego pol'zovaniya ob'ektami dorozhnogo servisa, razmeshchaemymi v granitsakh polos otvoda [Elektronnyy resurs]: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 29.10.2009 goda №860. - Rezhim dostupa: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96527/> (10.09.2014).
15. Porter, M. Konkurentsia [Tekst]: per. s angl. / M. Porter. - M.: Izdatel'skiy dom "Vil'yams", 2005. - 608 s.: il. - Paral. tit. angl.
16. Slabinskaya, I. A. Klaster'naya politika i perspektivy innovatsionnogo razvitiya rossiyskikh regionov [Tekst] / I. A. Slabinskaya, E. A. Stryabkova // Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. - 2013. - № 7(19). - S. 28-34.
17. Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Belgorodskoy oblasti na period do 2025 goda [Elektronnyy resurs]: postanovlenie Pravitel'stva Belgorodskoy oblasti ot 25.01.2010 g. № 27-pp). - Rezhim dostupa: http://www.belregion.ru/strat_ser. (10.09.2014).
18. Stryabkova, E. A. Vliyanie klaster'noy politiki na konkurentosposobnost' Rossii i ee regionov [Tekst] / E. A. Stryabkova, V. L. Kurbatov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univer-siteta im. V.G. Shukhova. - 2014. - №2. - S. 104-107.
19. Vybornova, V. V. Upravlenie konkurentosposobnost'yu firmy [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Vybornova, E. A. Nikitina, A. A. Rudychev, E. D. Shchetinina. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2012. - 138 s.
20. Fomenko, YU. V. Perspektivy innovatsionnogo razvitiya transportno-logisticheskogo klastera Belgorodskoy oblasti [Tekst] / YU. V. Fomenko, V. V. Demenko // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2010. - №1. - S. 202-205.

Glagolev Sergey Nikolaevich

FGBOU VPO "Belgorod State Technological University. VG Shukhov "

Address: 308012, g. Belgorod, st. Kostyukova, 46

Dr. of Sci. Sciences, Rector BSTU. VG Shukhov, Prof. of "Service of transport and technological machines"

E-mail: rector@intbel.ru

Konev Alexey Aleksandrovich

FGBOU VPO "Belgorod State Technological University. VG Shukhov "

Address: 308012, g. Belgorod, st. Kostyukova, 46

Senior lecturer of "Service of transport and technological machines"

E-mail: konev_alexcei@mail.ru

УДК 621.313

Н. Н. СМИРНОВ, Л. А. САВИН, С. В. МАЙОРОВ

РАСЧЕТ СИЛ В АКТИВНЫХ МАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКАХ С УЧЕТОМ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрена последовательность расчета сил магнитного поля в радиальных активных магнитных подшипниках с использованием структурной схемы регулятора управления. Впервые предложена математическая модель расчета сил электромагнитного поля с учетом влияния отклонений формы поверхностей измерительной втулки на управляющие сигналы. Представлены зависимости для определения электромагнитных сил с учетом отклонения ротора с неидеальными измерительными поверхностями от центрального положения.

Ключевые слова: активный магнитный подшипник, силы электромагнитного поля, отклонение формы, измерительная поверхность.

Опоры роторов с электромагнитным способом создания несущей способности имеют все основания для расширения сферы применения в различных видах транспортных и технологических машин. Это во многом связано с совершенствованием электронных устройств, технологий изготовления электротехнических элементов, а также с появлением новых методов и алгоритмов управления в нелинейных системах [1–3].

Одной из требующих решения практических проблем в этой области является необходимость учета отклонений от идеальной геометрии поверхности измерительных втулок активного магнитного подшипника (АМП). Суть этой проблемы заключается в следующем. Положение ротора в АМП регулируется системой управления, путем создания сигнала для токов управления в обмотках электромагнитов. Входным сигналом в систему управления является сигнал поступающий с первичных преобразователей, контролирующих положение ротора. При этом базой для отсчета датчиков служит наружная поверхность напрессованной на вал цилиндрической втулки, реальная геометрия которой всегда неидеальна, то есть имеет макро- и микроскопические отклонения в основном технологического происхождения (нецилиндричность, некруглость, волнистость, шероховатость, несоосность втулки и ротора). Геометрические отклонения измерительной поверхности приводят к неточностям измерения положения центра цапфы ротора и как следствие ошибочному формированию управляющего сигнала, что приводит к появлению в подшипники сил магнитного поля отличающихся от эталонного программного управления. Отличие реальных сил магнитного поля от эталонных значений в практике эксплуатации роторной машины с активным магнитным подвесом приводит к увеличению амплитуд колебаний, что в первую очередь ведет к дополнительным энергозатратам на создание несущей способности, а в ряде случаев может привести к аварийному останову агрегата.

Расчетная схема ротора с радиальными АМП представлена на рисунке 1. Здесь приняты следующие обозначения: O^*XYZ – неподвижная система координат, C – центр масс ротора, ξ – его главная центральная ось инерции, $OC = e$ – эксцентриситет.

С ротором связана подвижная система координат $Oxyz$ таким образом, что центр масс находится на оси Ox , а ось Oz совпадает с продольной геометрической осью ротора, вокруг которой он вращается с постоянной угловой скоростью ω . $Sx'y'z'$ – система главных центральных осей инерции ротора. Главные центральные моменты инерции: $J_{x'} = J_{y'} = J_1$ – экваториальный и $J_{z'} = J_3$ – осевой. Угол между осью ξ и плоскостями $x'y'$ и $x'z'$ равен γ и характе-

ризует динамическую неуравновешенность ротора. Для упрощения принято, что ось ξ параллельна плоскости $y'z'$.

В неподвижной системе координат центры поперечных сечений измерительных втулок O_1 и O_2 имеют продольные координаты z_1 и z_2 . Для упрощения расчетов принимаем, что действие радиальных электромагнитов на вал приложено в точках O_{b1} и O_{b2} , т. е. продольными размерами подшипников пренебрегаем. Точки приложения электромагнитных сил определяются координатами z_{b1} и z_{b2} . Тогда расстояние между точками измерения $l = z_2 - z_1$, а между точками управления $l_b = z_{b2} - z_{b1}$.

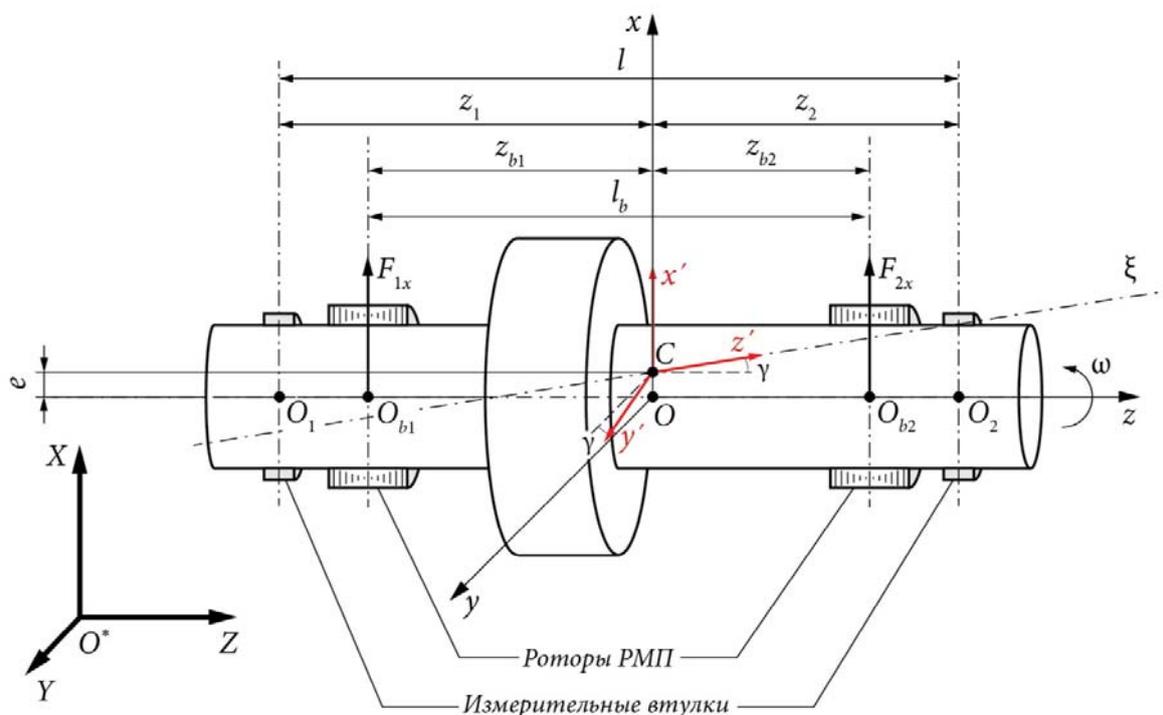


Рисунок 1 – Расчетная схема жесткого ротора на АМП

Движение описывается координатами центров O_{b1} и O_{b2} поперечных сечений шихтованных роторов радиальных электромагнитных подшипников (РЭМП). Вектор их координат:

$$q_b = (q_{b1}, q_{b2}, q_{b3}, q_{b4})^T = (x_{b1}, y_{b1}, x_{b2}, y_{b2})^T. \quad (1)$$

Для учета несовпадения точек измерения O_1 и O_2 с точками управления O_{b1} и O_{b2} запишем уравнения, связывающие их координаты:

$$q = Z^{-1}q_b, \quad (2)$$

где матрица преобразования

$$Z = \frac{1}{l} \begin{bmatrix} z_2 - z_{b1} & 0 & z_{b1} - z_1 & 0 \\ 0 & z_2 - z_{b1} & 0 & z_{b1} - z_1 \\ z_2 - z_{b2} & 0 & z_{b2} - z_1 & 0 \\ 0 & z_2 - z_{b2} & 0 & z_{b2} - z_1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

На цапфы ротора в магнитном подшипнике со стороны электромагнитного поля действует сила, которая может быть представлена в виде геометрической суммы проекций на оси неподвижной системы координат O^*XYZ управляющих сил F_{nx}, F_{ny} , создаваемых каждым электромагнитом (рис. 2).

$$F_{n_x} = F_{n_{xu}} - F_{n_{xl}}; F_{n_y} = F_{n_{yu}} - F_{n_{yl}}. \quad (4)$$

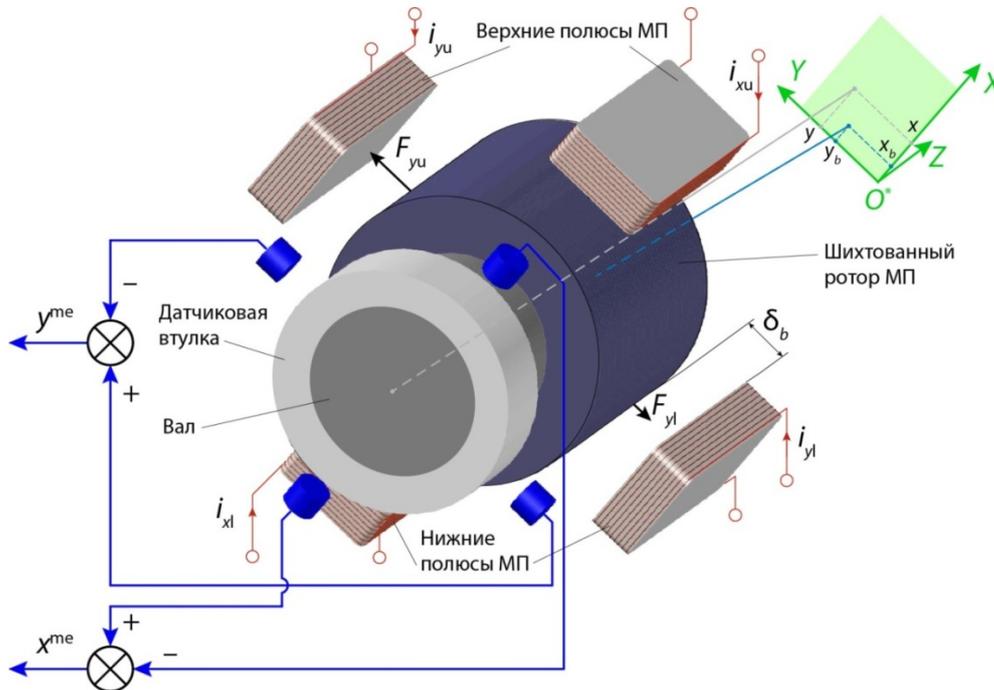


Рисунок 2 – Структурная схема узла радиальной магнитной опоры

Подходы к определению сил электромагнитного поля в АМП развиваются в двух направлениях: 1) расчет электромагнитного поля АМП и дальнейший расчет сил Максвелла на основе интегральных характеристик [4]; 2) использование достаточно простых алгебраических или дифференциальных соотношений, параметры которых определяются на основе данных натуральных или вычислительных экспериментов [5–9]. Основным недостатком первого подхода являются большие вычислительные затраты, которые становятся нецелесообразными при достаточно больших временных интервалах исследования, в то же время второй подход позволяет достаточно точно, с точки зрения практического применения, рассчитывать силы электромагнитного поля.

Исходя из практики производства и эксплуатации АМП, в целом удовлетворительной считается следующая модель для расчета сил, создаваемых электромагнитами [6, 7]:

$$F_{n_x} = \frac{L_0 i_{n_{xu}}^2}{2\delta_b (1 - \bar{x}_{bn})^2} - \frac{L_0 i_{n_{xl}}^2}{2\delta_b (1 + \bar{x}_{bn})^2},$$

$$F_{n_y} = \frac{L_0 i_{n_{yu}}^2}{2\delta_b (1 - \bar{y}_{bn})^2} - \frac{L_0 i_{n_{yl}}^2}{2\delta_b (1 + \bar{y}_{bn})^2}, \quad (5)$$

где L_0 – индуктивность электромагнитов при номинальном зазоре δ_b между ротором и полюсом статора (центральной положении ротора);

$i_{n_{xu,l}}, i_{n_{yu,l}}$ – токи в обмотках верхних (индекс «u») и нижних (индекс «l») полюсов соответствующих осей управления;

$\bar{x}_{bn} = x_{bn}/\delta_b, \bar{y}_{bn} = y_{bn}/\delta_b$ – безразмерные отклонения точек ротора O_{b1} и O_{b2} от центрального положения.

Для определения токов, протекающих в обмотках электромагнитов, используется схема канала управления, изображенная на рисунке 3. Входным сигналом регулятора является измеряемая координата $\bar{q}_{me\,nm}$:

$$\bar{q}_{me} = (\bar{q}_{me1x}, \bar{q}_{me1y}, \bar{q}_{me2x}, \bar{q}_{me2y}) = (\bar{x}_{1\,me}, \bar{y}_{1\,me}, \bar{x}_{2\,me}, \bar{y}_{2\,me}), \quad (6)$$

где $n = 1, 2$ – номер опоры;

$m = x, y$ – ось управления. Эти координаты являются обезразмеренной разницей показаний нижнего и верхнего датчиков соответствующего канала управления.

Все дифференциальные уравнения, описывающие звенья представленного регулятора, в совокупности с усилителями мощностями и электромагнитами, можно представить в матричном виде следующим образом [6, 10, 11]:

$$Y_{nm} D_{nm} P = V_{nm} N_{nm} P. \quad (7)$$

При этом выход сумматора S_1

$$q_{r\,nm} = q_{dif\,nm} + q_{int\,nm}, \quad (8)$$

а матрица выходов сумматоров S_{2u} и S_{2l}

$$I_{S_{nm}} = \begin{pmatrix} i_{S_{u\,nm}} \\ i_{S_{l\,nm}} \end{pmatrix} = K_{nm} V_{S_{2nm}}. \quad (9)$$

В уравнениях (7) – (9) Y_{nm} – диагональная матрица выходов звеньев регулятора; D_{nm} – матрица постоянных времени регулятора; N_{nm} – матрица коэффициентов передачи звеньев регулятора; V_{nm} – диагональная матрица входов звеньев; P – матрица операторов дифференцирования; K_{nm} – матрица коэффициентов пропорциональных звеньев; $V_{S_{2nm}}$ – матрица входов сумматоров S_{2u} и S_{2l} .

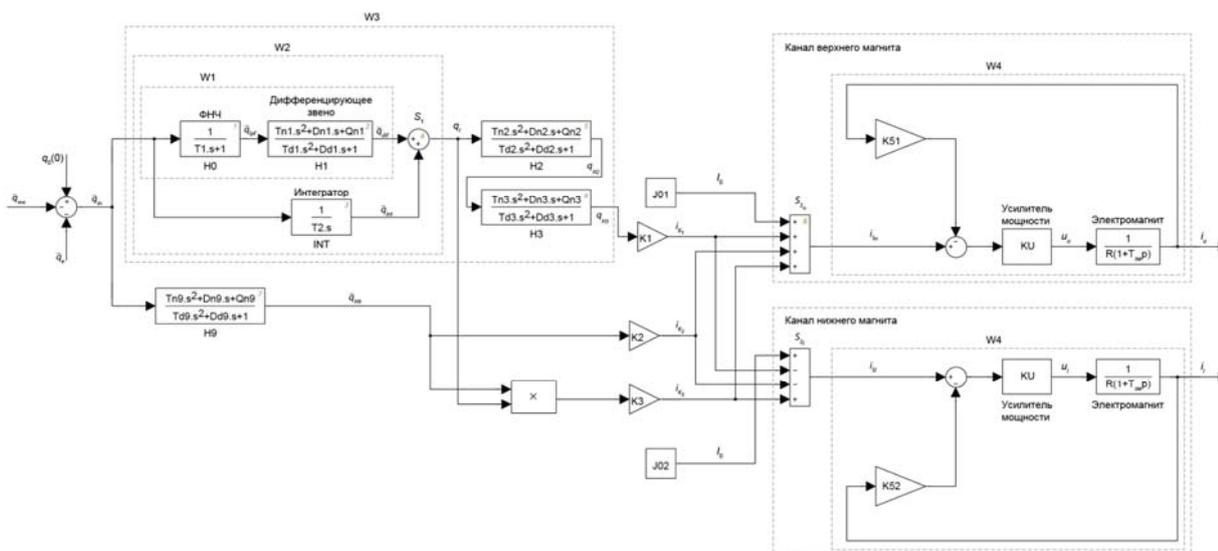


Рисунок 3 – Структурная схема регулятора канала управления

Для определения положения точек измерения O_1 и O_2 воспользуемся схемой, приведенной на рисунке 4. Каждой оси управления соответствует пара индуктивных датчиков, расположенных в точках A_{n_1} , B_{n_1} и C_{n_1} , D_{n_1} и равноудаленных от геометрических центров блоков датчиков O_{n_1} , которые находятся на оси O^*Z неподвижной системы координат. Индекс $n = 1, 2$ обозначает номер опоры. Датчики, соответствующие определенной оси, включены таким образом, что на их выходе формируется сигнал пропорциональный разности показаний пары.

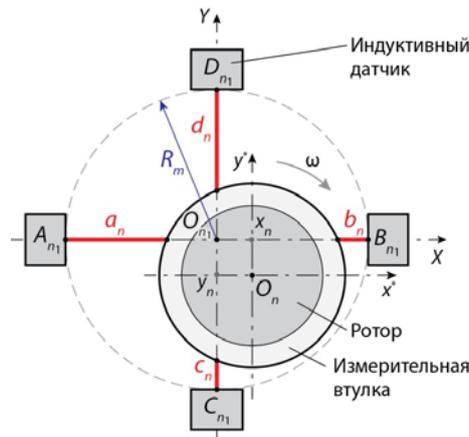


Рисунок 4 – Схема определения положения центра сечения ротора с круглой втулкой

Показания датчиков по осям $O_{n_1}X$ и $O_{n_1}Y$ неподвижной системы координат равны соответственно:

$$x_{n_{me}} = \frac{a_n - b_n}{2}, \quad y_{n_{me}} = \frac{c_n - d_n}{2}, \quad (10)$$

где a_n , b_n и c_n , d_n – расстояния от преобразователей до измерительной поверхности.

Если бы поперечное сечение измерительной втулки было идеально круглым, тогда истинные координаты n -го центра сечения ротора в неподвижной системе координат $O_{n_1}XY$ совпадали бы с результатами измерений, т. е. выполнялись бы равенства:

$$x_n = x_{n_{me}}, \quad y_n = y_{n_{me}}, \quad (11)$$

Для определения требуемых координат, исходя из показаний датчиков и неидеальности измерительной поверхности, запишем согласно [12] уравнение контура поперечного сечения некруглой измерительной втулки (рисунок 5), которое получено с использованием конечного ряда Фурье:

$$r_n(\varphi) = r_0 + \sum_{s=1}^m r_{n_s} \sin(s\varphi + \alpha_{n_s}), \quad (12)$$

где $s = 1, \dots, 3$, m – наибольший порядковый номер гармоники;

r_0 – радиус средней окружности (примем одинаковым для втулок обоих блоков датчиков);

r_{n_s} – амплитуда s -й гармоники;

α_{n_s} – фаза s -й гармоники.

Радиус $r_n(\varphi)$ проводится из центра поперечного сечения ротора O_n .

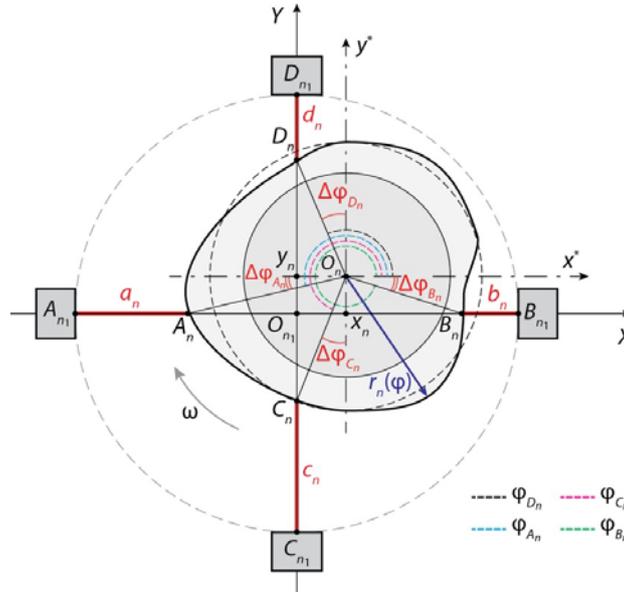


Рисунок 5 – Расчетная схема определения положения центра сечения ротора с некруглой втулкой

Полярный угол откладывается от оси O_nx^* подвижной системы координат $O_nx^*y^*$, оси O_nx^* и O_ny^* которой остаются параллельными осям $O_{n1}X$ и $O_{n1}Y$. Первая гармоника характеризует несоосность втулки с осью вращения вала. Члены, порядок которых больше m , характеризуют микронеровности или шероховатость поверхности, которую можно не учитывать.

Координаты точек A_n, B_n, C_n, D_n измерительной поверхности, находящихся в зоне действия датчиков, в системе координат $O_nx^*y^*$:

$$x_{A_n}^* = r_n(\varphi_{A_n})\cos(\pi + \Delta\varphi_{A_n}), \quad x_{B_n}^* = r_n(\varphi_{B_n})\cos \Delta\varphi_{B_n}, \quad (13)$$

$$y_{C_n}^* = r_n(\varphi_{C_n})\sin\left(\frac{3\pi}{2} + \Delta\varphi_{C_n}\right), \quad y_{D_n}^* = r_n(\varphi_{D_n})\sin\left(\frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_{D_n}\right), \quad (14)$$

где

$$\varphi_{A_n} = \omega t + \pi + \Delta\varphi_{A_n}, \quad \varphi_{B_n} = \omega t + \Delta\varphi_{B_n}, \quad (15)$$

$$\varphi_{C_n} = \omega t + \frac{3\pi}{2} + \Delta\varphi_{C_n}, \quad \varphi_{D_n} = \omega t + \frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_{D_n}; \quad (16)$$

Координаты точек A_n, B_n, C_n, D_n в системе координат $O_{n1}XY$:

$$x_{A_n} = x_{A_n}^* + x_n, \quad x_{B_n} = x_{B_n}^* + x_n; \quad (17)$$

$$y_{C_n} = y_{C_n}^* + y_n, \quad y_{D_n} = y_{D_n}^* + y_n. \quad (18)$$

Запишем выражения для расстояний от датчиков до точек измерительной поверхности:

$$\begin{aligned} a_n &= R_m - O_{n1}A_n = R_m + x_{A_n}, \\ b_n &= R_m - O_{n1}B_n = R_m - x_{B_n}, \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} c_n &= R_m - O_{n1}C_n = R_m + y_{C_n}; \\ d_n &= R_m - O_{n1}D_n = R_m - y_{D_n}, \end{aligned} \quad (20)$$

Подставим (19) и (20) в (10):

$$\begin{aligned} x_n^{me} &= \frac{(R_m + x_{A_n}) - (R_m - x_{B_n})}{2} = \frac{x_{A_n} + x_{B_n}}{2}; \\ y_n^{me} &= \frac{(R_m + y_{C_n}) - (R_m - y_{D_n})}{2} = \frac{y_{C_n} + y_{D_n}}{2}. \end{aligned} \quad (21)$$

Перепишем полученные выражения с учетом (17), (18), (21) и (22):

$$\begin{aligned} x_n^{me} &= \frac{1}{2}(x_{A_n}^* + x_n + x_{B_n}^* + x_n) = \frac{1}{2}(x_{A_n}^* + x_{B_n}^*) + x_n = \\ &= \frac{1}{2}(r_n(\varphi_{A_n}) \cos(\pi + \Delta\varphi_{A_n}) + r_n(\varphi_{B_n}) \cos \Delta\varphi_{B_n}) + x_n; \\ y_n^{me} &= \frac{1}{2}(y_{C_n}^* + y_n + y_{D_n}^* + y_n) = \frac{1}{2}(y_{C_n}^* + y_{D_n}^*) + y_n = \\ &= \frac{1}{2}\left(r_n(\varphi_{C_n}) \sin\left(\frac{3\pi}{2} + \Delta\varphi_{C_n}\right) + r_n(\varphi_{D_n}) \sin\left(\frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_{D_n}\right)\right) + y_n \end{aligned} \quad (22)$$

Учитывая небольшую величину отклонения ротора от положения равновесия, что следует из принципа действия АМП, получим:

$$\Delta\varphi_{A_n} \approx \sin \Delta\varphi_{A_n} = \frac{y_n}{r_n(\varphi_{A_n})}, \quad (22)$$

$$\Delta\varphi_{B_n} \approx \sin \Delta\varphi_{B_n} = \frac{-y_n}{r_n(\varphi_{B_n})},$$

$$\Delta\varphi_{C_n} \approx \sin \Delta\varphi_{C_n} = \frac{-x_n}{r_n(\varphi_{C_n})}, \quad (23)$$

$$\Delta\varphi_{D_n} \approx \sin \Delta\varphi_{D_n} = \frac{x_n}{r_n(\varphi_{D_n})}, \quad (24)$$

где знак «минус» указывает на то, что соответствующий угол откладывается по ходу часовой стрелки. Из тех же соображений малости углов запишем:

$$\Delta\varphi_{A_n} \approx -\Delta\varphi_{B_n} \approx \frac{y_n}{r_0}; \quad -\Delta\varphi_{C_n} \approx \Delta\varphi_{D_n} \approx \frac{x_n}{r_0}. \quad (25)$$

После подстановки (12), (15), (16) и (25) в (22) и преобразований получим выражения, позволяющие при моделировании вращения ротора по известным значениям координат точек измерительных сечений, лежащих на продольной геометрической оси ротора, получать измеренные координаты.

$$\begin{aligned}
 x_n^{me} &= \frac{1}{2} \cos \frac{y_n}{r_0} \left[\begin{aligned} &\sum_{s=1}^m r_{n_s} \sin \left(s \left(\omega t - \frac{y_n}{r_0} \right) + \alpha_{n_s} \right) - \\ & - \sum_{s=1}^m r_{n_s} \sin \left(s \left(\omega t + \pi + \frac{y_n}{r_0} \right) + \alpha_{n_s} \right) \end{aligned} \right] + x_n; \\
 y_n^{me} &= \frac{1}{2} \cos \frac{x_n}{r_0} \left[\begin{aligned} &\sum_{s=1}^m r_{n_s} \sin \left(s \left(\omega t + \frac{\pi}{2} + \frac{x_n}{r_0} \right) + \alpha_{n_s} \right) - \\ & - \sum_{s=1}^m r_{n_s} \sin \left(s \left(\omega t + \frac{3\pi}{2} - \frac{x_n}{r_0} \right) + \alpha_{n_s} \right) \end{aligned} \right] + y_n.
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

Рассмотренная в статье математическая модель расчета реакций активного магнитного подшипника с учетом отклонений формы поверхности измерительной втулки, была реализована в программном комплексе Matlab [13-16]. Такая реализация позволяет рассмотреть процесс работы ротора в активном магнитном подвесе в случае наличия данного дефекта, выявить возможные негативные последствия, а также предложить методы, позволяющие избежать их. Результаты исследований в данном направлении найдут отражение в последующих работах авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурагимов, А. С. Особенности цифровой аппаратуры управления электромагнитными подшипниками газоперекачивающих агрегатов [Текст] / А. С. Абдурагимов, В. П. Верещагин // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2010. -Т. 115.
2. Верещагин, В. П. Особенности проектирования магнитных подшипников для крупных машин [Текст] / В. П. Верещагин, А. В. Рогоза // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2008. - Т. 106.
3. Сарычев, А. П. Особенности и опыт создания электромагнитных подшипников для серии компрессоров газоперекачивающих агрегатов [Текст] / А. П. Сарычев // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2009. - Т. 112.
4. Соломин, О. В. Расчет магнитного поля в радиальном активном магнитном подшипнике [Текст] / О. В. Соломин, Л. В. Дорофеев, С.В. Майоров // Вибрационные машины и технологии: сб. науч.тр. – Курск, КГТУ. – 2008. - С. 779 –784.
5. Верещагин, В. П. Математическая модель магнитного подшипника [Текст] / В. П. Верещагин, В. А. Клабуков // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2009. - Т. 112.
6. Богданов, Д. Н. Структура системы управления электромагнитными подшипниками [Текст] / Д. Н. Богданов, В. П. Верещагин // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2010. - Т. 114.
7. Журавлев, Ю. Н. Активные магнитные подшипники: теория, расчет, применение [Текст] / Ю. Н. Журавлев. - СПб.: Политехника, 2003. - 206 с.: ил.
8. Schweitzer G. Magnetic Bearings. Theory, Design, and Application to Rotating Machinery / G. Schweitzer, E. H. Maslen. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. — 523 p.
9. Maslen E. H. Magnetic Bearings / E. H. Maslen. — University of Virginia, 2000. — 245 p.
10. Сарычев, А. П. Разработка электромагнитных подшипников для серии компрессоров газоперекачивающих агрегатов [Текст] / А. П. Сарычев // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2009. - Т. 110.
11. Сарычев, А. П. Математическая модель ротора для анализа управления магнитными подшипниками [Текст] / А. П. Сарычев, И. Г. Руковицын // Вопросы электромеханики. – М.: ВНИИЭМ. - 2008. - Т. 107.
12. Кельзон, А. С. Расчет и конструирование роторных машин [Текст] / А. С. Кельзон, Ю. Н. Журавлев, Н. А. Январев. – Л.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
13. Юревич, Е. И. Теория автоматического управления [Текст] / Е. И. Юревич. - 2-е изд., перераб. и

доп. - М. : Энергия, 1975. - 416 с.

14. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - Изд. 4-е перераб. и доп. - Спб. : Профессия, 2003. - 752 с.

15. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов и MATLAB [Текст]: учебное пособие / А. И. Солонина, Д. М. Клионский, Т. В. Меркучева, С. Н. Перов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2013. - 512 с.: ил.

16. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании [Текст] / В. П. Дьяконов // Библиотека профессионала. - М.: СОЛОН-Пресс. - 2005. - 576 с.: ил.

Смирнов Николай Николаевич

ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»

Адрес: 107078, Россия, г. Москва, Хоромный тупик, дом 4, строение 1

Инженер отдела проектирования и испытаний электромеханических устройств с магнитными подшипниками (МП) № 13

E-mail: vniiem@orc.ru, vniiem@vniiem.ru

Савин Леонид Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Д-р техн. наук, зав. кафедрой «Мехатроника и международный инжиниринг»

Майоров Сергей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

N. N. SMIRNOV, L. A. SAVIN, S. V. MAYOROV

IN CALCULATING THE FORCES ACTIVE MAGNETIC BEARINGS TAKING INTO ACCOUNT THE DEVIATION OF THE MEASURING SURFACE

Calculation of magnetic field forces in the radial active magnetic bearings with controller block diagram is considered. First proposed a mathematical model for calculating the forces of the electromagnetic field with the influence of shape deviations of the measuring sleeve to control signals. Relations to the definition of electromagnetic forces for rotor eccentric position with the shape deviations of measuring surfaces are presented.

Keywords: active magnetic bearing, electromagnetic forces, shape deviations, measuring surface.

BIBLIOGRAPHY

1. Abduragimov, A. S. Osobennosti tsifrovoy apparatury upravleniya elektromagnitnymi podshipnikami gazoperekachivayushchikh agregatov [Tekst] / A. S. Abduragimov, V. P. Vereshchagin // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2010. -T. 115.

2. Vereshchagin, V. P. Osobennosti proektirovaniya magnitnykh podshipnikov dlya krupnykh ma-shin [Tekst] / V. P. Vereshchagin, A. V. Rogoza // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2008. - T. 106.

3. Sarychev, A. P. Osobennosti i opyt sozdaniya elektromagnitnykh podshipnikov dlya serii kompressorov gazoperekachivayushchikh agregatov [Tekst] / A. P. Sarychev // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2009. - T. 112.

4. Solomin, O. V. Raschet magnitnogo polya v radial'nom aktivnom magnitnom podshipnike [Tekst] / O. V. Solomin, L. V. Dorofeev, S.V. Mayorov // Vibratsionnye mashiny i tekhnologii: sb. nauch.tr. - Kursk, KGTU. - 2008. - S. 779 -784.

5. Vereshchagin, V. P. Matematicheskaya model' magnitnogo podshipnika [Tekst] / V. P. Vereshchagin, V. A. Klabukov // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2009. - T. 112.
6. Bogdanov, D. N. Struktura sistemy upravleniya elektromagnitnymi podshipnikami [Tekst] / D. N. Bogdanov, V. P. Vereshchagin // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2010. - T. 114.
7. ZHuravlev, YU. N. Aktivnye magnitnye podshipniki: teoriya, raschet, primenenie [Tekst] / , N. ZHuravlev. - SPb.: Politehnika, 2003. - 206 s.: il.
8. Schweitzer G. Magnetic Bearings. Theory, Design, and Application to Rotating Machinery / G. Schweitzer, E. H. Maslen. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. - 523 p.
9. Maslen E. H. Magnetic Bearings / E. H. Maslen. - University of Virginia, 2000. - 245 p.
10. Sarychev, A. P. Razrabotka elektromagnitnykh podshipnikov dlya serii kopressorov gazoperekachivayushchikh agregatov [Tekst] / A. P. Sarychev // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2009. - T. 110.
11. Sarychev, A. P. Matematicheskaya model' rotora dlya analiza upravleniya magnitnymi podshipnikami [Tekst] / A. P. Sarychev, I. G. Rukovitsyn // Voprosy elektromekhaniki. - M.: VNIIEМ. - 2008. - T. 107.
12. Kel'zon, A. S. Raschet i konstruirovaniye rotornykh mashin [Tekst] / A. S. Kel'zon, YU. N. ZHuravlev, N. A. YAnvarev. - L.: Mashinostroenie, 1977. - 288 s.
13. YUrevich, E. I. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya [Tekst] / E. I. YUrevich. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Energiya, 1975. - 416 s.
14. Besekerskiy, V. A. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya [Tekst] / V. A. Besekerskiy, E. P. Popov. - Izd. 4-e pererab. i dop. - Spb.: Professiya, 2003. - 752 s.
15. Solonina, A. I. Tsifrovaya obrabotka signalov i MATLAB [Tekst]: uchebnoe posobie / A. I. Solonina, D. M. Klionskiy, T. V. Merkucheva, S. N. Perov. - SPb.: BHV-Peterburg, 2013. - 512 s.: il.
16. D'yakov, V. P. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 v matematike i modelirovanii [Tekst] / V. P. D'yakov // Biblioteka professionala. - M.: SOLON-Press. - 2005. - 576 s.: il.

Smirnov Nikolai Nikolaevich

JSC "Corporation" VNIIEМ "

Address: 107078, Russia, g. Moscow, Russian Federation, Horomny deadlock, Building 4, Building 1

Engineer of the design and testing of electromechanical devices with magnetic bearings (MP) № 13

E-mail: vniiem@orc.ru, vniiem@vniiem.ru

Savin Leonid Alekseevich

FGBOU VPO "State University - UNPK"

Address: 302030, Russia, g. Orel, Naugorskoe Highway 29

Dr. Sci. Sciences, Head. Chair of "Mechatronics and international engineering"

Mayorov Sergey Vladimirovich

FGBOU VPO "State University - UNPK"

Address: 302030, Russia, g. Orel, Naugorskoe Highway 29

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Mechatronics and international engineering"

УДК 624.154.34

С. В. ЛЕБЕДЕВ, Н. Е. РОМАКИН

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВНЕДРЕНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ ВИНТОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН В ГРУНТЕ СПОСОБОМ ПРОКОЛА

Статья посвящена теоретическим исследованиям по определению сил сопротивления, действующих на элементы винтового рабочего органа с газодинамическим интенсификатором при завинчивании его в грунт, что необходимо для проведения прочностных расчетов винтового рабочего органа и определения параметров привода для прокола скважины.

Ключевые слова: рабочий орган, грунт, скважина, прокол, лидер, расширитель, газодинамический интенсификатор, винтовая лопасть, поверхность конуса, сила, вращающий момент, напряжение.

Прокладка скважин способом прокола является одним из наиболее простых и доступных решений по бестраншейной прокладке коммуникаций. Однако, широкое применение этого способа сдерживается двумя основными причинами, большие напорные усилия, что ограничивает максимальный диаметр скважины в пределах 300...400 мм, и искривление скважины в результате потери устойчивости напорной штанги, и, как следствие, ограничение длины прокола с одной точки.

Основой решения этих проблем может послужить инновационная конструкция винтового рабочего органа (РО) с газодинамическим интенсификатором для образования скважин в грунте, разработанная на кафедре «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. [1, 2, 3].

Винтовой РО для образования скважин в грунте (рис. 1) содержит лидер 1 в виде вала с конусным наконечником, оснащенный винтовой лопастью, диаметр которой больше диаметра образуемой скважины. Лидер 1 трубчатым валом 2 с выпускными отверстиями 3 для рабочих газов интенсификатора, ориентированными перпендикулярно оси, через конусный наконечник соединен с корпусом расширителя 4, который оснащен винтовой лопастью с такой же навивкой и шагом, что и винтовая лопасть лидера. На конце трубчатого вала 2 в корпусе расширителя 4 установлен источник газодинамического импульса 5. Корпус расширителя крепится к напорной штанге 6, противоположный конец которой зажимом 7 соединен с механизмом вращения 8, выполненным в виде электродвигателя с редуктором, для передачи крутящего момента штанге. Привод установлен на тележке 9, которая перемещается по направляющим рамы 10. Направляющий каток 11 обеспечивает направление прокола в момент забуривания лидера в грунт.

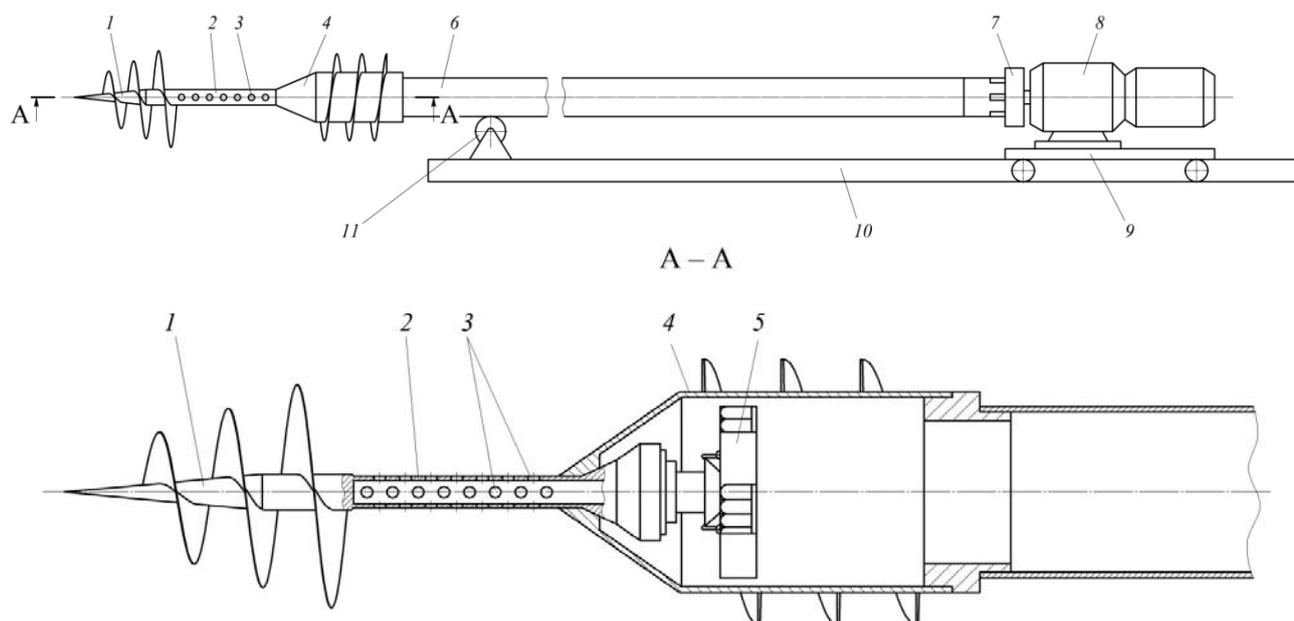


Рисунок 1 – Общий вид винтового рабочего органа с газодинамическим интенсификатором для образования скважин в грунте

Для проходки скважины включают механизм вращения 8, который через зажим 7 приводит во вращение штангу 6 с закрепленным на ней РО. При незначительном осевом пригрузе лидер 1 ввинчивается в грунт и, образуя лидерную скважину, увлекает за собой трубчатый вал 2, а вместе с ним и расширитель 4; при этом происходит изоляция лидерной скважины, а момент на ввинчивание РО возрастает. В это время срабатывает источник газодинамического импульса 5, установленный в расширителе. Ударная волна микровзрыва заполняет полость трубчатого вала 2 и, выходя через выпускные отверстия 3, отжимает грунт от вала 2, расширяя лидерную скважину до нужного размера. В осевом направлении газодинамическое воздействие на грунт не распространяется, т.к. торцы расширяемой скважины изолированы с одной стороны винтовой лопастью лидера 1, а с другой – корпусом и винтовой лопастью расширителя 4, в результате чего осевое давление газа при расширении лидерной скважины воспринимается этими элементами, дополнительно нагружая на растяжение трубчатый вал 2. В результате газодинамического воздействия на грунт скважина между лидером 1 и расширителем 4 расширяется, а, следовательно, уменьшается усилие, необходимое на формирование скважины нужного диаметра на этом участке, и вращающий момент на завинчивание РО. После проходки скважины на участке газодинамического воздействия момент завинчивания РО возрастает и цикл повторяется.

После погружения в грунт лопасти расширителя отпадает необходимость в осевом пригрузе, т.к. тяговая способность винтовых лопастей РО достаточна для создания осевого усилия, необходимого для формирования скважины и перемещения штанги и тележки с механизмом вращения. После проходки скважины на длину штанги производят ее наращивание, для чего отсоединяют штангу 6 от привода 8 и возвращают тележку 9 в исходное положение. В прямке подают очередную секцию штанги, один конец которой соединяют со штангой в забое, а второй – с зажимом 7 привода 8, и продолжают проходку скважины.

После окончания проходки демонтируют РО и штангу. В качестве штанги может использоваться труба, которая остается в скважине и используется в качестве прокладываемого трубопровода или является кожухом для прокладки коммуникаций.

Эффективность работы газодинамического интенсификатора была подтверждена экспериментально; результаты проведенных экспериментов изложены в работе [3].

Винтовой РО с газодинамическим интенсификатором не требует осевого усилия при проходке скважины. Оно необходимо лишь для технологических операций, связанных с внедрением лидера в забой, где обеспечивает устойчивость штанги даже при большой длине прокола, а наличие винтового лидера повысит точность прокладки скважины. Использование газодинамического импульса позволит увеличить диаметр скважины по сравнению со статическим проколом.

Одним из основных параметров, определяющих диаметр скважины, конструктивные параметры РО, стоимость проходки является вращающий момент, необходимый на завинчивание винтового РО с газодинамическим интенсификатором в грунт, что делает задачу определения величины этого момента актуальной.

В работе [4] был рассмотрен вопрос определения сопротивления завинчиванию в грунт винтового рабочего органа с газодинамическим интенсификатором для образования вертикальных скважин под винтонабивные сваи. В силу конструктивного сходства рабочих органов, рассматриваемых в упомянутой работе и в настоящей статье, мы имеем аналогичные физическую картину взаимодействия элементов РО с грунтом и подход к определению силовых факторов этого взаимодействия. Однако ряд особенностей, возникающих при образовании горизонтальных скважин, и отличия в конструкции РО, приводят к необходимости корректировки полученных в [4] зависимостей, чему и посвящена, в основном, настоящая статья.

С целью упрощения математической модели при рассмотрении процесса взаимодействия элементов РО с грунтом приняты следующие допущения:

- грунт в зоне проходки – однородный и изотропный с постоянными физико-механическими свойствами;
- коэффициент трения о грунт РО постоянен и равен f ;
- движение РО происходит за счет внедрения в грунт винтовых лопастей;
- осевой шаг перемещения РО равен геометрическому шагу t винтовых лопастей;
- в результате упругих деформаций от внедрения лидера и расширителя контакт, а следовательно, и трение, нерабочих поверхностей винтовых лопастей с грунтом, отсутствует;
- нормальное давление грунта равномерно распределено по рабочим поверхностям винтовых лопастей лидера и расширителя;
- проходка скважины происходит при постоянных радиальных напряжениях σ_r , равных пределу текучести грунта.

Вращающий момент T , необходимый на завинчивание РО после расширения скважины газодинамическим импульсом до диаметра d_0 , складывается из моментов завинчивания лидера T_L и расширителя T_P (рис. 2):

$$T = T_L + T_P . \quad (1)$$

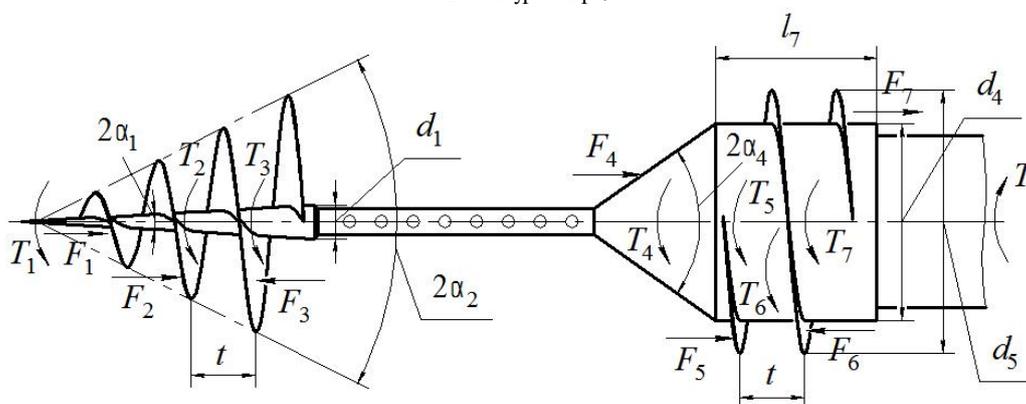


Рисунок 2 – Силы сопротивления внедрению элементов РО в грунт

Момент завинчивания лидера равен сумме моментов, необходимых на преодоление сопротивлений внедрению в грунт отдельных его элементов:

$$T_{\text{Л}} = T_1 + T_2 + T_3, \quad (2)$$

где T_1 – момент трения конусного наконечника;
 T_2 – момент от внедрения кромки винтовой лопасти;
 T_3 – момент трения рабочей поверхности винтовой лопасти.
 Аналогично момент завинчивания расширителя равен:

$$T_{\text{Р}} = T_4 + T_5 + T_6 + T_7, \quad (3)$$

где T_4 – момент трения конусного наконечника;
 T_5 – момент от внедрения кромки винтовой лопасти;
 T_6 – момент трения рабочей поверхности винтовой лопасти;
 T_7 – момент трения боковой поверхности корпуса.

В установившемся режиме завинчивания РО в грунт имеет место условие равновесия осевых сил, действующих на отдельные его элементы:

$$F_3 + F_6 = F_1 + F_2 + F_4 + F_5 + F_7, \quad (4)$$

где F_1 – сила сопротивления внедрению конусного наконечника лидера;
 F_2 – сила сопротивления внедрению кромки винтовой лопасти лидера;
 F_3 – сила давления грунта на рабочую поверхность винтовой лопасти лидера;
 F_4 – сила сопротивления внедрению конусного наконечника расширителя;
 F_5 – сила сопротивления внедрению кромки винтовой лопасти расширителя;
 F_6 – сила давления грунта на рабочую поверхность винтовой лопасти расширителя;
 F_7 – сила сопротивления на боковой поверхности корпуса расширителя.

Момент и осевая сила сопротивления внедрению конусного наконечника лидера. Конусный наконечник совершает винтовое движение с шагом $t = \text{const}$. На элемент dS_1 поверхности конуса действует нормальное напряжение σ_n и напряжение от сил трения $f \cdot \sigma_n$, направленное перпендикулярно σ_n по винтовой линии в сторону, противоположную направлению движения элемента (рис. 3).

Разложив $f \cdot \sigma_n$ на составляющие $(f \cdot \sigma_n)_x$, $(f \cdot \sigma_n)_y$, $(f \cdot \sigma_n)_z$, можно интегрированием найти момент трения и осевую силу сопротивления на конусном наконечнике:

$$T_1 = \int_0^{0.5d_1} (f \cdot \sigma_n)_x \cdot r_1 \cdot \frac{2\pi r_1 dr_1}{\sin \alpha_1}, \quad (5)$$

$$F_1 = \int_0^{0.5d_1} (\sigma_n \cdot \sin \alpha_1 + (f \cdot \sigma_n)_z) \frac{2\pi r_1 dr_1}{\sin \alpha_1}, \quad (6)$$

где d_1 – диаметр основания конусного наконечника лидера РО;
 $2\alpha_1$ – угол конусности наконечника лидера.

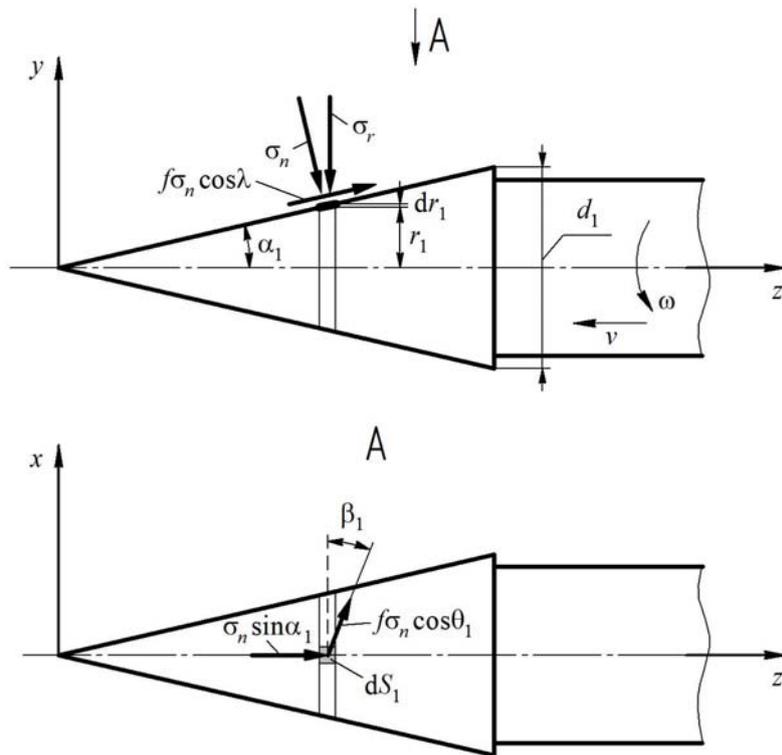


Рисунок 3 – К определению сопротивления на конусном наконечнике лидера

В результате решения интегралов (5) и (6) (подробнее см. [5]) получим:

$$T_1 = \frac{4\pi f \sigma_r}{\sin 2\alpha_1} \left[\frac{1}{3} (0.25d_1^2 + k_1^2)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{8} f \cdot k_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot d_1^2 + k_1^2 \left((f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1)^2 - 1 \right) \sqrt{0.25d_1^2 + k_1^2} + \right. \\ \left. + k_1^3 \left(\frac{2}{3} - (f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1)^2 \right) + k_1^3 f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \left((f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1)^2 - 1 \right) \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{0.25d_1^2/k_1^2 + 1} - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} \right) \right], \quad (7)$$

$$F_1 = \frac{2\pi \sigma_r}{\cos \alpha_1} \cdot \left[\frac{d_1^2}{8} + \frac{f \cdot k_1}{\cos \alpha_1} \cdot \frac{\sqrt{0.25d_1^2 + k_1^2} - k_1}{\sin \alpha_1} + \left(\frac{f \cdot k_1}{\cos \alpha_1} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{0.25d_1^2/k_1^2 + 1} - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} \right) \right], \quad (8)$$

где $k_1 = \frac{t}{2\pi \cdot \cos \alpha_1}$;

t – шаг винтовой лопасти;

σ_r – радиальное напряжение на поверхности конусного наконечника [6].

Момент и осевая сила сопротивления внедрению кромки винтовой лопасти лидера. Кромку, считая удельное сопротивление равномерно распределенным по её ширине и длине, рассматриваем как коническую винтовую линию с шагом t и углом конусности $2\alpha_2$ (рис. 4).

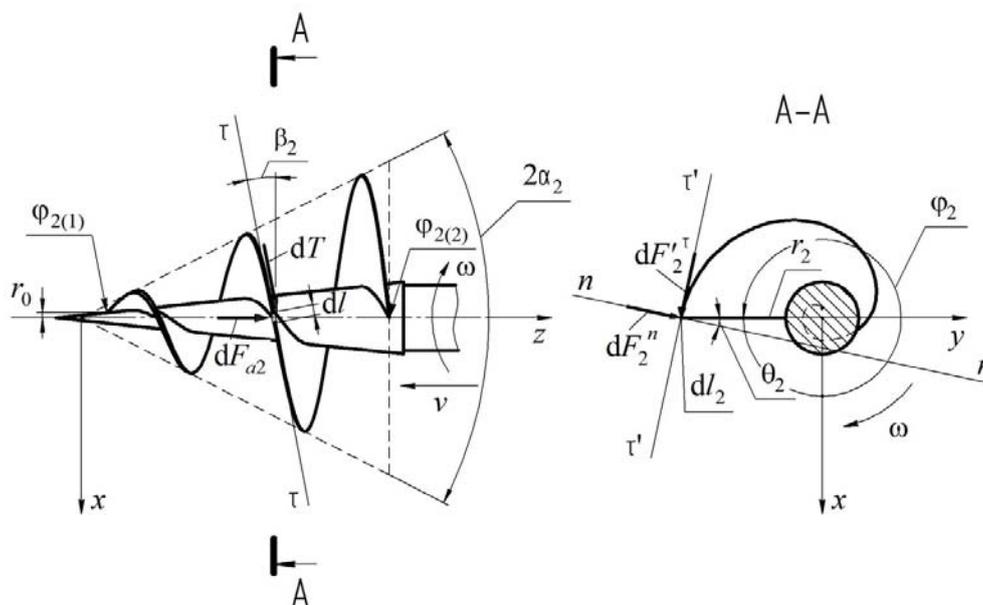


Рисунок 4 – К определению сопротивлений на кромке винтовой лопасти лидера

При внедрении кромки в грунт на элемент dl_2 действует элементарная сила dF_2 , которую удобно разложить на нормальную dF_2^n и касательную dF_2^τ составляющие (рис. 4):

$$dF_2^n = q_2 \cdot dl_2;$$

$$dF_2^\tau = f \cdot dF_2^n = f \cdot q_2 \cdot dl_2,$$

где q_2 – удельная сила внедрения кромки лопасти лидера в грунт:

$$q_2 = \sigma_{\text{пр}} \cdot \delta_2;$$

δ_2 – ширина кромки лопасти лидера;

$\sigma_{\text{пр}}$ – приведенное напряжение сжатия при внедрении кромки, согласно [7]

$$\sigma_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot \sigma_0;$$

$k_{\text{пр}} = 3,2$ – коэффициент приведения, учитывающий схему взаимодействия лопасти с грунтом;

σ_0 – сопротивление грунта одноосному сжатию;

$$\sigma_0 = 2c \cdot \text{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right);$$

c – удельное сцепление грунта;

ϕ – угол внутреннего трения грунта.

Интегрируя по длине кромки (рис. 4), получим:

$$T_2 = \int_{l_2} \left(dF_2^\tau \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 + dF_2^n \cdot r_2 \cdot \sin \theta_2 \right), \quad (9)$$

$$F_2 = \int_{l_2} dF_{a2}, \quad (10)$$

где $dF_2^{\tau} = dF_2^{\tau} \cdot \cos\beta_2$ – проекция силы dF_2^{τ} на плоскость xy ;

$dF_{a2} = dF_2^{\tau} \cdot \sin\beta_2$ – проекция силы dF_2^{τ} на ось z ;

β_2 – угол подъема винтовой линии в рассматриваемой точке;

θ_2 – угол отклонения нормали от радиуса.

В работе [8] получены следующие зависимости:

$$dl_2 = b\sqrt{(\varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2)^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2 + 1} d\varphi_2, \quad (11)$$

$$\cos\beta_2 = \frac{\varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}{\sqrt{(\varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2)^2 + 1}}, \quad \sin\beta_2 = \frac{1}{\sqrt{(\varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2)^2 + 1}}, \quad (12)$$

$$\cos\theta = \frac{\varphi_2}{\sqrt{\varphi_2^2 + 1}}, \quad \sin\theta = \frac{1}{\sqrt{\varphi_2^2 + 1}}, \quad r_2 = b \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \varphi_2, \quad (13)$$

где φ_2 – параметр (полярный угол) винтовой линии;

$2\alpha_2$ – угол конусности винтовой лопасти лидера;

b – приведенный шаг винтовой лопасти;

$$b = \frac{t}{2\pi}. \quad (14)$$

С учетом (11) - (14) интегралы (9) и (10) примут вид:

$$T_2 = q_2 \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_2 \cdot \left(f \cdot \int_{\varphi_{2(1)}}^{\varphi_{2(2)}} \frac{\varphi_2^3}{\sqrt{\varphi_2^2 + 1}} d\varphi_2 + \int_{\varphi_{2(1)}}^{\varphi_{2(2)}} \varphi_2 d\varphi_2 \right), \quad (15)$$

$$F_2 = f \cdot q_2 \cdot b \cdot \int_{\varphi_{2(1)}}^{\varphi_{2(2)}} d\varphi_2, \quad (16)$$

где $\varphi_{2(1)}$ – угол, соответствующий начальной точке лопасти на конусном наконечнике;

$$\varphi_{2(1)} = \frac{r_0}{b \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}; \quad (17)$$

r_0 – минимальный радиус кромки;

$\varphi_{2(2)}$ – угол, соответствующий конечной точке лопасти;

$$\varphi_{2(2)} = \varphi_{2(1)} + 2\pi \cdot n_2; \quad (18)$$

n_2 – число витков винтовой лопасти лидера.

Решение интеграла (15) запишем в виде:

$$T_2 = q_2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_2 \cdot (A \cdot n_2^3 + B \cdot n_2^2 + C \cdot n_2), \quad (19)$$

где
$$A = \frac{2}{3} \pi \cdot f \cdot t^2;$$

$$B = \frac{2\pi \cdot f \cdot t \cdot r_0}{\operatorname{tg} \alpha_2} + \frac{1}{2} t^2;$$

$$C = \frac{2\pi \cdot f \cdot r_0^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_2} + \frac{t \cdot r_0}{\operatorname{tg} \alpha_2} - \frac{f \cdot t^2}{3\pi}.$$

Подставив (14) и (18) в (16) и найдя интеграл, получим:

$$F_2 = f \cdot q_2 \cdot t \cdot n_2. \quad (20)$$

Момент и осевая сила на рабочей поверхности винтовой лопасти лидера. Элементарную силу, действующую на элемент dS_3 поверхности лопасти, разложим на нормальную dF_3^n и касательную dF_3^τ составляющие (рис. 5):

$$dF_3^n = p \cdot dS_3, \quad (21)$$

$$dF_3^\tau = f \cdot dF_3^n = f \cdot p \cdot dS_3, \quad (22)$$

где p – нормальное давление грунта на рабочей поверхности лопасти лидера.

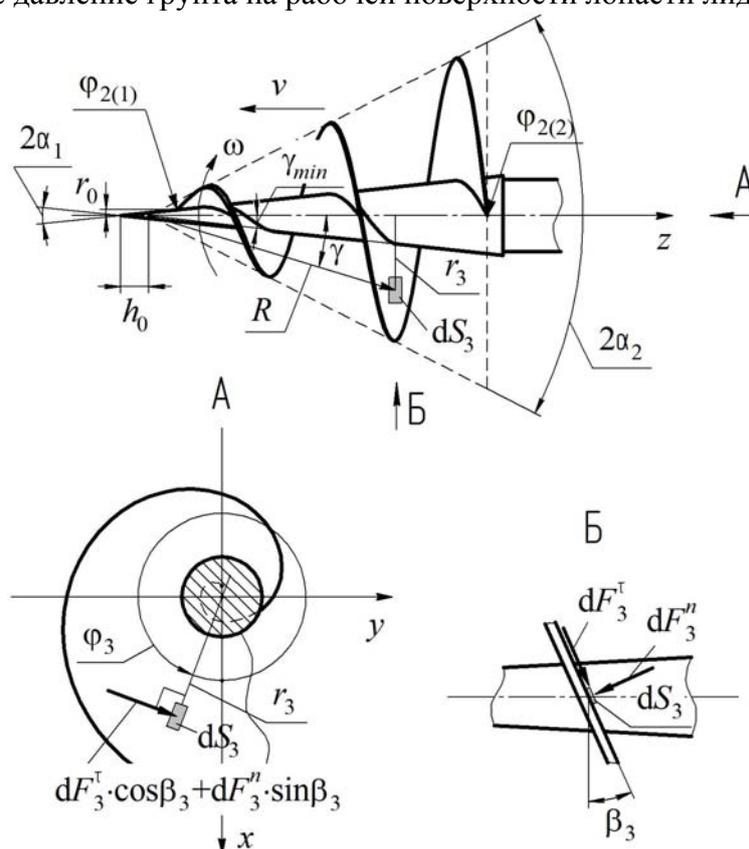


Рисунок 5 – К определению сопротивления на рабочей поверхности винтовой лопасти лидера

Интегрируя по поверхности лопасти, получим:

$$T_3 = \iint_{S_3} (dF_3^\tau \cdot \cos \beta_3 + dF_3^n \cdot \sin \beta_3) \cdot r_3, \quad (23)$$

$$F_3 = \iint_{S_3} dF_3^n \cdot \cos \beta_3 - dF_3^T \cdot \sin \beta_3. \quad (24)$$

С учетом (21) и (22) интегралы (23) и (24) примут вид:

$$T_3 = \iint_{S_3} p \cdot f \cdot \cos \beta_3 \cdot r_3 \cdot dS_3 + \iint_{S_3} p \cdot \sin \beta_3 \cdot r_3 \cdot dS_3, \quad (25)$$

$$F_3 = \iint_{S_3} p \cdot \cos \beta_3 \cdot dS_3 - \iint_{S_3} p \cdot f \cdot \sin \beta_3 \cdot dS_3. \quad (26)$$

Используем полученные в работе [9] зависимости:

$$dS_3 = \frac{b^2 \cdot \varphi_3}{\cos^2 \gamma} \sqrt{\varphi_3^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma + 1} d\varphi_3 d\gamma, \quad (27)$$

$$r_3 = b \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \varphi_3, \quad \cos \beta_3 = \frac{\varphi_3 \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{\varphi_3^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma + 1}}, \quad \sin \beta_3 = \frac{1}{\sqrt{\varphi_3^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma + 1}}. \quad (28)$$

Интегралы (25) и (26) являются поверхностными интегралами I рода и вычисляются путем сведения к двойному интегралу; с учетом (27) и (28) после преобразований получим:

$$T_3 = p \cdot f \cdot b^3 \cdot \iint_{D_S} \frac{\varphi_3^3 \operatorname{tg}^2 \gamma}{\cos^2 \gamma} d\varphi_3 d\gamma + p \cdot b^3 \cdot \iint_{D_S} \frac{\varphi_3^2 \operatorname{tg} \gamma}{\cos^2 \gamma} d\varphi_3 d\gamma, \quad (29)$$

$$F_3 = p \cdot b^2 \cdot \iint_{D_S} \frac{\varphi_3^2 \operatorname{tg} \gamma}{\cos^2 \gamma} d\varphi_3 d\gamma - p \cdot f \cdot b^2 \cdot \iint_{D_S} \frac{\varphi_3}{\cos^2 \gamma} d\varphi_3 d\gamma. \quad (30)$$

где D_S – область, являющаяся отображением поверхности S_3 интегрирования на параметрическую плоскость $\varphi_3 \gamma$.

Для лидера имеем следующие диапазоны параметров винтовой поверхности:

$$\varphi_3 \in [\varphi_{2(1)}; \varphi_{2(2)}], \quad \gamma \in [\gamma_{\min}(\varphi_3); \alpha_2],$$

где $\gamma_{\min}(\varphi_3) = \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \left(\frac{h_0}{b \cdot \varphi_3} + 1 \right) \right]$ – начальное значение параметра γ для текущего значения параметра φ_3 ;

h_0 – расстояние от вершины конусного наконечника ствола до вершины конуса, охватывающего заднюю часть винтовой лопасти (рис. 5).

Тогда решение интегралов (29) и (30) имеет вид:

$$T_3 = \frac{1}{12} p \cdot f \cdot b^3 \cdot \left[\operatorname{tg}^3 \alpha_2 \cdot (\varphi_{2(2)}^4 - \varphi_{2(1)}^4) - \operatorname{tg}^3 \alpha_1 \cdot \left\{ \left(\varphi_{2(2)} + \frac{h_0}{b} \right)^4 - \left(\varphi_{2(1)} + \frac{h_0}{b} \right)^4 \right\} \right] + \frac{1}{6} p \cdot b^3 \cdot \left[\operatorname{tg}^2 \alpha_2 \cdot (\varphi_{2(2)}^3 - \varphi_{2(1)}^3) - \operatorname{tg}^2 \alpha_1 \cdot \left\{ \left(\varphi_{2(2)} + \frac{h_0}{b} \right)^3 - \left(\varphi_{2(1)} + \frac{h_0}{b} \right)^3 \right\} \right], \quad (31)$$

$$F_3 = \frac{1}{6} p \cdot b^2 \cdot \left[\operatorname{tg}^2 \alpha_2 \cdot (\varphi_{2(2)}^3 - \varphi_{2(1)}^3) - \operatorname{tg}^2 \alpha_1 \cdot \left\{ \left(\varphi_{2(2)} + \frac{h_0}{b} \right)^3 - \left(\varphi_{2(1)} + \frac{h_0}{b} \right)^3 \right\} \right] - \frac{1}{2} p \cdot f \cdot b^2 \cdot \left[\operatorname{tg} \alpha_2 \cdot (\varphi_{2(2)}^2 - \varphi_{2(1)}^2) - \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \left\{ \left(\varphi_{2(2)} + \frac{h_0}{b} \right)^2 - \left(\varphi_{2(1)} + \frac{h_0}{b} \right)^2 \right\} \right]. \quad (32)$$

Момент и осевая сила сопротивления внедрению конусного наконечника расширителя. Будем использовать интегралы (5) и (6), подставляя соответствующие расширителю пределы интегрирования:

$$T_4 = \int_{0.5d_0}^{0.5d_4} (f \cdot \sigma_n)_x \cdot r_4 \cdot \frac{2\pi r_4 dr_4}{\sin \alpha_4}, \quad (33)$$

$$F_4 = \int_{0.5d_0}^{0.5d_4} (\sigma_n \cdot \sin \alpha_4 + (f \cdot \sigma_n)_z) \frac{2\pi r_4 dr_4}{\sin \alpha_4}, \quad (34)$$

где d_4 – диаметр корпуса расширителя;

d_0 – диаметр скважины после расширения газодинамическим импульсом [3];

$2\alpha_4$ – угол конусности наконечника расширителя.

Решив интегралы (33) и (34), окончательно получим:

$$T_4 = \frac{4\pi f \sigma_r}{\sin 2\alpha_4} \left[\frac{\sqrt{(0.25d_4^2 + k_4^2)^3} - \sqrt{(0.25d_0^2 + k_4^2)^3}}{3} + \frac{1}{8} k_4 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4 \cdot (d_4^2 - d_0^2) + k_4^2 \left((f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4)^2 - 1 \right) \left(\sqrt{0.25d_4^2 + k_4^2} - \sqrt{0.25d_0^2 + k_4^2} \right) + k_4^3 f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4 \left((f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4)^2 - 1 \right) \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{0.25d_4^2/k_4^2 + 1} - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4}{\sqrt{0.25d_0^2/k_4^2 + 1} - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4} \right) \right], \quad (35)$$

$$F_4 = \frac{2\pi \sigma_r}{\cos \alpha_4} \cdot \left[\frac{d_4^2 - d_0^2}{8} + \left(\frac{f \cdot k_4}{\cos \alpha_4} \right) \frac{\sqrt{0.25d_4^2 + k_4^2} - \sqrt{0.25d_0^2 + k_4^2}}{\sin \alpha_4} + \left(\frac{f \cdot k_4}{\cos \alpha_4} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{0.25d_4^2/k_4^2 + 1} - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4}{\sqrt{0.25d_0^2/k_4^2 + 1} - f \cdot \operatorname{tg} \alpha_4} \right) \right], \quad (36)$$

где $k_4 = \frac{t}{2\pi \cdot \cos \alpha_4}$.

Момент и сила сопротивления внедрению кромки винтовой лопасти расширителя. Если кромка заходной части винтовой лопасти расширителя выполнена в виде прямолинейного скоса под углом χ к радиусу (рис. 6), момент и осевую силу сопротивления внедрению кромки легко найти интегрированием по длине l_5 кромки [4]:

$$T_5 = \int_{l_5} \left(dF_5^n \cdot \left(\frac{1}{2} d_4 \cos \chi + l \right) + dF_5^t \cos \beta_5 \cdot \frac{1}{2} d_4 \sin \chi \right), \quad (37)$$

$$F_5 = \int_{l_5} dF_5^t \sin \beta_5, \quad (38)$$

где dF_5^n – элементарная нормальная сила сопротивления:

$$dF_5^n = q_5 dl_5; \quad (39)$$

dF_5^t – элементарная касательная сила сопротивления:

$$dF_5^t = f \cdot dF_5^n = f \cdot q_5 dl_5; \quad (40)$$

q_5 – удельная сила внедрения кромки лопасти расширителя в грунт:

$$q_5 = \sigma_{\text{пр}} \cdot \delta_5;$$

δ_5 – ширина кромки лопасти расширителя;

β_5 – угол подъема винтовой линии в рассматриваемой точке:

$$\operatorname{tg} \beta_5 = \frac{t}{2\pi r_5}; \quad (41)$$

r_5 – расстояние рассматриваемой точки кромки до оси вращения:

$$r_5 = \sqrt{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25 d_4^2}; \quad (42)$$

l – расстояние рассматриваемой точки кромки до начальной точки A .

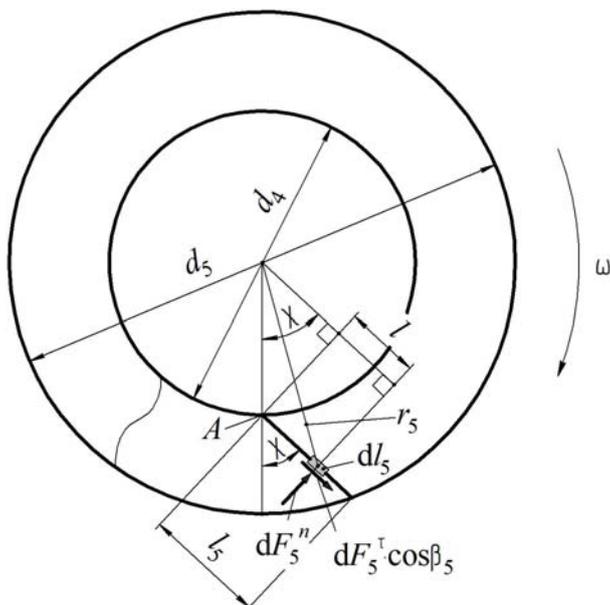


Рисунок 6 – К определению сопротивления на кромке винтовой лопасти расширителя

На основании (41) и (42) находим:

$$\cos \beta_5 = \sqrt{\frac{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25d_4^2}{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25d_4^2 + b^2}}, \quad (43)$$

$$\sin \beta_5 = \frac{b}{\sqrt{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25d_4^2 + b^2}}. \quad (44)$$

С учетом (39), (40), (43), (44) интегралы (37) и (38) приводятся к виду:

$$T_5 = q_5 \int_0^{l_5} \left(\frac{d_4}{2} \cos \chi + l \right) dl + f \cdot q_5 \frac{d_4}{2} \sin \chi \int_0^{l_5} \sqrt{\frac{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25d_4^2}{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25d_4^2 + b^2}} dl, \quad (45)$$

$$F_5 = f \cdot q_5 b \int_0^{l_5} \frac{dl}{\sqrt{l^2 + d_4 \cos \chi \cdot l + 0.25d_4^2 + b^2}}. \quad (46)$$

Решения интегралов (45) и (46) следующие:

$$T_5 = \frac{q_5}{2} \left[l_5^2 + d_4 l_5 (\cos \chi + f \cdot \sin \chi) \right], \quad (47)$$

$$F_5 = f \cdot q_5 \cdot b \cdot \ln \frac{\sqrt{l_5^2 + d_4 l_5 \cos \chi + 0.25d_4^2 + b^2} + l_5 + \frac{d_4}{2} \cos \chi}{\sqrt{0.25d_4^2 + b^2} + \frac{d_4}{2} \cos \chi}. \quad (48)$$

Угол χ скоса и длина l_5 кромки связаны зависимостью:

$$\sin \chi = \frac{d_5}{2l_5} \sqrt{1 - \left(\frac{d_4^2 + d_5^2 - 4l_5^2}{2d_4d_5} \right)^2}, \quad (49)$$

где d_5 – диаметр винтовой лопасти расширителя.

Момент и осевая сила на рабочей поверхности винтовой лопасти расширителя. Воспользуемся интегралами (29) и (30), учитывая, что параметры винтовой поверхности изменяются в пределах:

$$\varphi_6 \in [\varphi_{6(1)}; \varphi_{6(2)}], \quad \gamma \in [\gamma_{\min}(\varphi_6); \gamma_{\max}(\varphi_6)],$$

где $\gamma_{\min}(\varphi_6) = \operatorname{arctg} \left(\frac{\pi \cdot d_4}{t \cdot \varphi_6} \right)$ – начальное значение параметра γ для текущего значения параметра φ_6 ;

$\gamma_{\max}(\varphi_6) = \operatorname{arctg} \left(\frac{\pi \cdot d_5}{t \cdot \varphi_6} \right)$ – конечное значение параметра γ для текущего значения параметра φ_6 ;

метра φ_6 ;

$\varphi_{6(1)}$ – угол, соответствующий началу винтовой лопасти;

$\varphi_{6(2)}$ – угол, соответствующий концу винтовой лопасти:

$$\varphi_{6(2)} = \varphi_{6(1)} + 2\pi \cdot n_6; \quad (50)$$

n_6 – число витков винтовой лопасти расширителя.

С учетом (14) и (50) интегралы (29) и (30) имеют простые решения:

$$T_6 = p \cdot \left[\pi \cdot f \cdot \frac{d_5^3 - d_4^3}{12} + t \cdot \frac{d_5^2 - d_4^2}{8} \right] \cdot n_6, \quad (51)$$

$$F_6 = p \cdot \left[\pi \cdot \frac{d_5^2 - d_4^2}{4} - f \cdot t \cdot \frac{d_5 - d_4}{2} \right] \cdot n_6. \quad (52)$$

Момент и сила сопротивления боковой поверхности корпуса расширителя. При завинчивании РО на элемент dS_7 со стороны грунта будет действовать элементарная сила dF_7^T трения, направленная по касательной к винтовой траектории его движения (рис. 7):

$$dF_7^T = f_c \cdot dS_7, \quad (53)$$

где f_c – удельное сопротивление грунта.

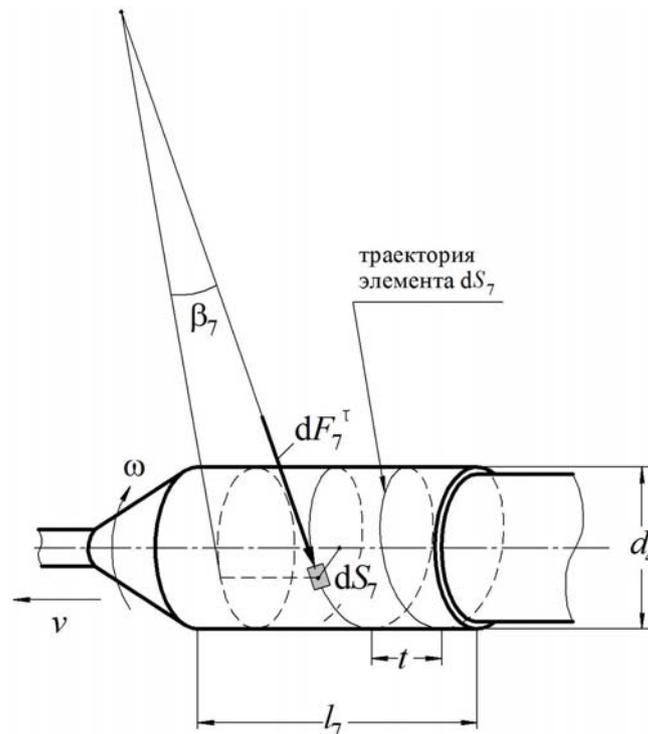


Рисунок 7 – К определению сопротивления на боковой поверхности корпуса расширителя

Величина f_c зависит от свойств грунта и глубины проходки [10]. Для оценки величины f_c можно воспользоваться значениями расчетного сопротивления f_H грунта на боковой поверхности ствола сваи, приведенными в [11], но введя поправочный коэффициент k , учитывающий разбиение и притирание стенки скважины расширителем, приводящие к снижению f_c по сравнению с f_H [10]:

$$f_c = k \cdot f_H,$$

где k – коэффициент условий работы; $k = 1,0$ для пластичных грунтов (глины и суглинки малой и средней плотности с консистенцией $I_L \geq 0,4$) и $k = 0,8$ для плотных грунтов (глины и суглинки с консистенцией $I_L < 0,4$).

Интегрируя по поверхности расширителя, получим (рис. 7):

$$T_7 = \iint_{S_7} dF_7^r \cdot \cos \beta_7 \cdot \frac{d_4}{2}, \quad (54)$$

$$F_7 = \iint_{S_7} dF_7^r \cdot \sin \beta_7, \quad (55)$$

где β_7 – угол подъема винтовой линии:

$$\operatorname{tg} \beta_7 = \frac{t}{\pi \cdot d_4}. \quad (56)$$

Из (56) следует:

$$\cos \beta_7 = \frac{\pi \cdot d_4}{\sqrt{\pi^2 d_4^2 + t^2}}, \quad \sin \beta_7 = \frac{t}{\sqrt{\pi^2 d_4^2 + t^2}}. \quad (57)$$

При проходке горизонтальной скважины можно принять $f_c = \text{const}$. Тогда, подставив (53) и (57) в (54) и (55) и выполнив интегрирование, получим:

$$T_7 = \frac{1}{2} \frac{\pi^2 d_4^3 l_7 f_c}{\sqrt{\pi^2 d_4^2 + t^2}}, \quad (58)$$

$$F_7 = \frac{\pi d_4 t l_7 f_c}{\sqrt{\pi^2 d_4^2 + t^2}}, \quad (59)$$

где l_7 – длина расширителя.

Вернемся к зависимостям (31) и (51) для расчета моментов T_3 и T_6 : неизвестной является величина нормального давления p грунта. Для её определения следует в формулу (4) подставить выражения (8), (20), (32), (36), (48), (52), (59) осевых сил, а затем выразить из полученного уравнения p .

Полученные аналитические зависимости позволят оптимизировать геометрические параметры рабочего органа, а также с учетом физико-механических свойств грунта рассчитать момент завинчивания и нагрузки, необходимые для проведения прочностных расчетов элементов рабочего органа и его привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2272874 Российская Федерация. Устройство для бестраншейной прокладки трубопроводов методом прокола [Текст] / Ромакин Н. Е., Максимов В. П., Максимов С. В.; заявл. 12.04.04; опубл. 27.03.06, Бюл. № 9.
2. Пат. 2394128 Российская Федерация. Устройство для бестраншейной прокладки трубопроводов методом прокола [Текст] / Ромакин Н. Е., Максимов В. П., Максимов С. В.; заявл. 24.02.09; опубл. 10.07.10, Бюл. № 19.
3. Ромакин, Н. Е. Винтовая свая с газодинамическим интенсификатором [Текст] / Н. Е. Ромакин, В. П. Максимов, А. В. Громак // Строительные и дорожные машины. - 2010. - №7. - С. 26-27.
4. Лебедев, С. В. Сопротивление завинчиванию винтового рабочего инструмента с газодинамическим интенсификатором для образования скважин под винтонабивные сваи [Текст] / С. В. Лебедев, Н. Е. Ромакин // Строительные и дорожные машины. - 2014. - №8. - 46-50 с.; №9. - 46-50 с.

5. Ромакин, Н. Е. Сопротивление внедрению конусного наконечника винтовой сваи в грунт [Текст] / Н. Е. Ромакин, С. В. Лебедев // Строительные и дорожные машины. - 2011. - №2. - С. 36-39.
6. Ромакин, Н. Е. Параметры рабочего инструмента для статического прокола грунта [Текст] / Н. Е. Ромакин, Н. В. Малкова // Строительные и дорожные машины. - 2007. - №11. - С. 31-33.
7. Федоров, Д. И. Рабочие органы землеройных машин [Текст] / Д. И. Федоров. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 368 с.
8. Лебедев, С. В. Момент и сила сопротивления внедрению кромки лопасти конического винтового якоря в грунт [Текст] / С. В. Лебедев // Вестник СГТУ. - 2010. - №3(48). - С. 60-64.
9. Лебедев, С. В. Момент и осевая сила на поверхности лопасти конического винтового якоря [Текст] / С. В. Лебедев // Вестник машиностроения. - 2011. - №5. - С. 6-9.
10. Богорад, Л. Я. Винтовые сваи и анкеры в электросетевом строительстве [Текст] / Л. Я. Богорад. - М.: Энергия, 1967. - 200 с.
11. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты [Текст]. - Утв. постановл. Госстроя СССР № 243 от 20.12.1985. - Введ. в действие 01.01.1987. - М., 1995.
12. Лебедев, С. В. Крутящий момент завинчивания конического винтового якоря в грунт / С. В. Лебедев // Вестник СГТУ. - 2011. - №2(55). - Вып. 1. - С. 79-87.
13. Ромакин, Н. Е. Сопротивление завинчиванию винтовой сваи в грунт [Текст] / Н. Е. Ромакин, С. В. Лебедев // Строительные и дорожные машины. - 2011. - №9. - С. 37-42.
14. Лебедев, С. В. Определение необходимой осевой силы пригруза, развиваемой машиной для погружения винтовых якорей в грунт [Текст] / С. В. Лебедев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - №1(36). - С. 71-79.
15. Полтавцев, И. С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства [Текст] / И. С. Полтавцев, В. Б. Орлов, И. Ф. Ляхович. - К.: Будівельник, 1977. - 136 с.
16. Цытович, Н. А. Механика грунтов [Текст] / Н. А. Цытович. - М.: Высш. шк., 1979. - 272 с.
17. Земсков, В. М. Производство работ при бестраншейной прокладке коммуникаций установкой вибрационного горизонтального прокола [Текст] / В. М. Земсков, Н. В. Краснорудский // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №2(33). - С. 77-86.

Лебедев Сергей Владимирович

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 413800, Россия, Саратовская область, г. Балаково, ул. Чапаева, д. 140

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Высшая математика и механика»

E-mail: lebedeff-mail@mail.ru

Ромакин Николай Егорович

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 413800, Россия, Саратовская область, г. Балаково, ул. Чапаева, д. 140

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

E-mail: kafpsm@bittu.org.ru

S. V. LEBEDEV, N. E. ROMAキン

DRIVING RESISTANCE OF ELEMENTS OF SCREW WORKING BODY WITH GAS-DYNAMIC INTENSIFIER FOR MAKING OF HORIZONTAL HOLES IN GROUND BY MEANS OF PUSHING METHOD

This article describes the theoretical research of the immersion resistance of the working body elements when it is screwing into the ground, taking account of physico-mechanical ground parameters and screw working body geometrical parameters. It is necessary for strength calculations of working body elements, for choosing the drive of the working body with gas-dynamic intensifier, which is used for pushing the horizontal holes in the ground.

Keywords: working body, ground, hole, pushing, leader, extender, gas-dynamic intensifier, screw blade, cone surface, force, torque, stress.

BIBLIOGRAPHY

1. Pat. 2272874 Rossiyskaya Federatsiya. Ustroystvo dlya bestransheynoy prokladki truboprovodov metodom prokola [Tekst] / Romakin N. E., Maksimov V. P., Maksimov S. V.; zayavl. 12.04.04; opubl. 27.03.06, Byul. № 9.
2. Pat. 2394128 Rossiyskaya Federatsiya. Ustroystvo dlya bestransheynoy prokladki truboprovodov metodom prokola [Tekst] / Romakin N. E., Maksimov V. P., Maksimov S. V.; zayavl. 24.02.09; opubl. 10.07.10, Byul. № 19.
3. Romakin, N. E. Vintovaya svaya s gazodinamicheskim intensivifikatorom [Tekst] / N. E. Romakin, V. P. Maksimov, A. V. Gromak // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2010. - №7. - S. 26-27.
4. Lebedev, S. V. Soprotivlenie zavinchivaniyu vintovogo rabocheho instrumenta s gazodinamicheskim intensivifikatorom dlya obrazovaniya skvazhin pod vintonabivnye svai [Tekst] / S. V. Lebedev, N. E. Romakin // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2014. - №8. - 46-50 s.; №9. - 46-50 s.
5. Romakin, N. E. Soprotivlenie vnedreniyu konusnogo nakonechnika vintovoy svai v grunt [Tekst] / N. E. Romakin, S. V. Lebedev // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2011. - №2. - S. 36-39.
6. Romakin, N. E. Parametry rabocheho instrumenta dlya staticheskogo prokola grunta [Tekst] / N. E. Romakin, N. V. Malkova // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2007. - №11. - S. 31-33.
7. Fedorov, D. I. Rabochie organy zemleroynykh mashin [Tekst] / D. I. Fedorov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Mashinostroenie, 1989. - 368 s.
8. Lebedev, S. V. Moment i sila soprotivleniya vnedreniyu kromki lopasti konicheskogo vintovogo yakorya v grunt [Tekst] / S. V. Lebedev // Vestnik SGTU. - 2010. - №3(48). - S. 60-64.
9. Lebedev, S. V. Moment i osevaya sila na poverkhnosti lopasti konicheskogo vintovogo yakorya [Tekst] / S. V. Lebedev // Vestnik mashinostroeniya. - 2011. - №5. - S. 6-9.
10. Bogorad, L. YA. Vintovye svai i ankery v elektrosetevom stroitel'stve [Tekst] / L. YA. Bogorad. - M.: Energiya, 1967. - 200 s.
11. SNiP 2.02.03-85. Svaynye fundamente [Tekst]. - Utv. postanovl. Gosstroya SSSR № 243 ot 20.12.1985. - Vved. v deystvie 01.01.1987. - M., 1995.
12. Lebedev, S. V. Krutyashchiy moment zavinchivaniya konicheskogo vintovogo yakorya v grunt / S. V. Lebedev // Vestnik SGTU. - 2011. - №2(55). - Vyp. 1. - S. 79-87.
13. Romakin, N. E. Soprotivlenie zavinchivaniyu vintovoy svai v grunt [Tekst] / N. E. Romakin, S. V. Lebedev // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2011. - №9. - S. 37-42.
14. Lebedev, S. V. Opredelenie neobkhodimoy oseyoy sily prigruga, razvivaemoy mashinoy dlya pogruzheniya vintovykh yakorey v grunt [Tekst] / S. V. Lebedev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №1(36). - S. 71-79.
15. Poltavtsev, I. S. Spetsial'nye zemleroynye mashiny i mekhanizmy dlya gorodskogo stroitel'stva [Tekst] / I. S. Poltavtsev, V. B. Orlov, I. F. Lyakhovich. - K.: Budivel'nik, 1977. - 136 s.
16. Tsitovich, N. A. Mekhanika gruntov [Tekst] / N. A. Tsitovich. - M.: Vyssh. shk., 1979. - 272 s.
17. Zemskov, V. M. Proizvodstvo rabot pri bestransheynoy prokladke kommunikatsiy ustanovkoy vibratsionnogo gorizontalnogo prokola [Tekst] / V. M. Zemskov, N. V. Krasnoludskiy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - №2(33). - S. 77-86.

Lebedev Sergey Vladimirovich

Balakovo Institute of Technique, Technology and Management (branch) of Saratov State Technical University in the name of Yu.A. Gagarin

Address: 413800, Russia, Saratov region, g. Balakovo, Chapaeva st., 140

Dr.-Eng., Department of «Mathematics & Mechanics»

E-mail: lebedeff-mail@mail.ru

Romakin Nikolay Egorovich

Balakovo Institute of Technique, Technology and Management (branch) of Saratov State Technical University in the name of Yu.A. Gagarin

Address: 413800, Russia, Saratov region, g. Balakovo, Chapaeva st., 140

Dr.-Eng., Department of «Pick-and-place, Construction and Road Building Machinery»

E-mail: kafpsm@bittu.org.ru

УДК 62-831.2

А. А. ПУГАЧЕВ, В. И. ВОРОБЬЕВ, Г. С. МИХАЛЬЧЕНКО,
А. С. КОСМОДАМИАНСКИЙ, А. В. САМОТКАНОВ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Показаны особенности электроприводов вспомогательных систем тягового подвижного состава. Рассмотрены энергетические показатели качества электропривода с асинхронным двигателем, имеющим поворотный статор.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, электропривод, тяговый подвижной состав, вентиляторная нагрузка, коэффициент мощности.

Высокие показатели надежности управления производительностью вентиляторов охлаждения тягового электрооборудования локомотивов обеспечиваются сравнительно простой конструкцией преобразователей для регулирования частоты вращения приводных электродвигателей. В режимах управления частотой вращения асинхронных электродвигателей их энергетические показатели ухудшаются. Кроме этого, энергетические показатели могут ухудшаться при преобразовании электрической энергии в механическую работу из-за неэффективного использования питающего напряжения для выполнения работы. К основным энергетическим показателям качества электроустановок принято относить коэффициент полезного действия, коэффициент мощности и величины мощностей, характеризующих отдельные составляющие на входе, внутри и на выходе электроустановок.

В данной статье рассмотрены энергетические характеристики электропривода с асинхронным двигателем, содержащим поворотный статор, который может применяться на подвижном составе в качестве исполнительного механизма в системах автоматического регулирования температуры; показаны потери при двухступенчатом частотном управлении электропривода вентилятора.

Выбор этих двух систем электропривода был осуществлен на основе анализа условий эксплуатации вентиляторов систем автоматического регулирования температуры, в результате которого были сформулированы общие признаки, отличающие большинство электроприводов данного класса. Для них характерно [1-9]:

- заметное снижение момента нагрузки и мощности на валу двигателя при переходе на пониженные частоты вращения;
- длительный режим работы с неизменным моментом сопротивления;
- отсутствие режимов реверса;
- относительно ограниченный диапазон регулирования частоты вращения;
- отсутствие перегрузок, при этом величина момента нагрузки на заданной скорости может быть определена заранее;
- время пуска не лимитировано, предпочтительным является пуск с ограничением динамических нагрузок.

В приводе с поворотным статором активные составляющие роторных токов различны (за исключением случая, когда угол поворота статора $\theta = 180^\circ$); поэтому неодинаковы коэффициенты мощности каждого двигателя. Коэффициенты мощности для роторной цепи первого и второго двигателя соответственно равны:

$$\cos \varphi_{r1} = \frac{i'_{ra1}}{i'_r}, \quad (1)$$

$$\cos \varphi_{r2} = \frac{i'_{ra2}}{i'_r}, \quad (2)$$

где i'_{ra1} , i'_{ra2} - активные составляющие тока ротора первого и второго двигателей соответственно;

i'_r - действующее значение приведенного к статору тока ротора.

При повороте статора второго двигателя на угол θ ток в роторах двигателей, выраженный в комплексной форме и приведенный к статору, определится из стандартной Г-образной схемы замещения [10]:

$$i'_{r1,2} = \frac{u_s - u_s e^{\pm j\theta}}{2(R_s + R'_{r\Sigma} / 2s + jx_k)}, \quad (3)$$

где u_s - фазное напряжение, приложенное к статору;

R_s - сопротивление статорных цепей;

s - скольжение;

$R'_{r\Sigma} = 2R'_r + R'_a$; R_r , R_δ - приведенные к статору сопротивление роторных цепей и добавочное сопротивление соответственно;

$x_k = x_s + x'_r$; x_s , x'_r - индуктивное сопротивление статора и индуктивное приведенное сопротивление ротора соответственно.

Из (3) действующее значение тока ротора:

$$i'_r = u_s \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{2(R'_{r\Sigma} / 2s)^2 + 2x_k^2}}, \quad (4)$$

Активные составляющие тока ротора первого и второго двигателей:

$$i'_{r(1,2)a} = \frac{u_s (R_s + R'_{r\Sigma} / 2s)(1 - \cos \theta) \pm x_k \sin \theta}{2 \sqrt{(R_s + R'_{r\Sigma} / 2s)^2 + x_k^2}}, \quad (5)$$

Подставив (4) и (5) в (1) и (2), получим:

$$\cos \varphi_{r1} = \frac{(R_s + R'_{r\Sigma} / s)(1 - \cos \theta) + x_k \sin \theta}{\sqrt{2 \left((R_s + R'_{r\Sigma} / s)^2 + x_k^2 \right) (1 - \cos \theta)}},$$

$$\cos \varphi_{r2} = \frac{(R_s + R'_{r\Sigma} / s)(1 - \cos \theta) - x_k \sin \theta}{\sqrt{2 \left((R_s + R'_{r\Sigma} / s)^2 + x_k^2 \right) (1 - \cos \theta)}}.$$

Принимая для упрощения $R_s = 0$ [12-14], после соответствующих преобразований получим:

$$\cos \varphi_{r1} = \frac{s_k(1 - \cos \theta) + s \sin \theta}{\sqrt{2(1 - \cos \theta)(s^2 + s_k^2)}}, \quad (6)$$

$$\cos \varphi_{r2} = \frac{s_k(1 - \cos \theta) - s \sin \theta}{\sqrt{2(1 - \cos \theta)(s^2 + s_k^2)}}, \quad (7)$$

где $s_k = \frac{R_{r\Sigma}}{\sqrt{R_s^2 + x_k^2}}$ - критическое скольжение.

В частном случае, когда $\theta = 180^\circ$:

$$\cos \varphi_{r1} = \cos \varphi_{r2} = \frac{s_k}{\sqrt{s_k^2 + s^2}}.$$

В установившемся режиме момент, развиваемый электроприводом, уравнивается моментом нагрузки на его валу. Механические характеристики привода с поворотным статором наилучшим образом удовлетворяют нагрузочному моменту, изменяющемуся по вентиляторному закону. При вентиляторной нагрузке (если пренебречь потерями холостого хода вентилятора) [13]:

$$M_\Sigma = M_{\dot{a}.i.} (1 - s)^2,$$

где M_Σ – электромагнитный момент, развиваемый всем электроприводом;

$M_{\dot{a}.o.}$ – момент сопротивления вентилятора охлаждения, соответствующий синхронной скорости привода.

Или в другом виде:

$$1 - \cos \varphi = \frac{M_{\dot{a}.i.}}{2\dot{I}_k} (1 - s)^2 \left(\frac{s_k}{s} + \frac{s}{s_k} \right), \quad (8)$$

где M_k – максимальный момент электропривода.

Подставляя (8) в (4), запишем выражение для тока в роторной цепи при вентиляторной нагрузке:

$$i_{r\dot{a}} = \frac{u_s (1 - \cos \varphi)}{2x_k} \sqrt{\frac{M_{\dot{a}.i.}}{\dot{I}_k} \frac{s}{s_k}}. \quad (9)$$

Из (9) вытекает, что при $s = 1$ ток в роторе равен нулю. Следовательно, в неподвижном состоянии момент привода также равен нулю; очевидно, в данном случае и угол поворота статора равен нулю. В таком случае каждым двигателем потребляется только ток холостого хода, не превышающий практически для двигателей средней и большой мощности 25 – 30 % номинального тока статора.

Максимальный ток роторной цепи определяется условием $\partial i_{r\dot{a}} / \partial s = 0$ и составляет:

$$i_{r\dot{a}\max} = \frac{u_s (1 - \cos \theta)}{2x_k} \sqrt{\frac{M_{\dot{a}.i.}}{\dot{I}_k} \frac{s}{s_k}}. \quad (10)$$

Определим мощность потерь энергии в роторной цепи:

$$\Delta P_r = 3i_{r\dot{a}}^2 R_{r\Sigma}. \quad (11)$$

Подставляя (9) в (11), получим:

$$\Delta P_r = \frac{P_{\dot{a}i.}}{(1-s_i)^2} (1-s)^2 s, \quad (12)$$

где $P_{\text{в.н.}}$ – мощность, требуемая вентилятором при наибольшей скорости привода ($\theta = \pi$ эл.гр., $s = s_H$);

s_H – номинальное скольжение.

Из выражения (12) видно, что при неподвижном роторе ($s = 1$) и при синхронной скорости ($s = 0$) $\Delta P_r = 0$.

Максимальная мощность потерь в роторной цепи:

$$\Delta P_{r\text{max}} = \frac{4}{27} \frac{P_{\dot{a}i.}}{(1-s_i)^2}.$$

О приблизительной загрузке двигателя при различной скорости можно судить по отношению роторного тока, соответствующего данной скорости, к максимальному току роторной цепи:

$$k = \frac{i_{r\dot{a}}}{i_{r\dot{a}\text{max}}} = \frac{3}{2} (1-s) \sqrt{3s}. \quad (13)$$

Анализируя соотношение (13), можно установить, что в интервале минимальных рабочих скольжений от 0,1 до 0,2 величина k лежит в пределах от 0,74 до 0,92. При условии равенства максимального роторного тока номинальному, это означает, что при наибольшей скорости вращения, например, в пределах от $0,8\omega_0$ (ω_0 – синхронная скорость вращения) до $0,9\omega_0$ (соответственно при s_H от 0,2 до 0,1), двигатель может быть загружен по роторному току на 92 – 74 %. С ростом рабочего скольжения до $s = 0,33$ коэффициент возрастает до значения $k = 1$. Дальнейшее увеличение рабочего скольжения приводит к уменьшению k . Снижение максимального рабочего скольжения нерационально, так как при этом кроме недоиспользования двигателей также ограничивается сверху диапазон регулирования скорости.

Зависимость коэффициента мощности каждого двигателя от скольжения получим после преобразований (6), (7):

$$\cos \varphi_{r1} = \frac{1-s}{2} \sqrt{\frac{M_{\dot{a}i.}}{M_k} \left(\sqrt{\frac{s_k}{s}} + \sqrt{\frac{1}{s \cdot s_k} + \frac{4}{(1-s)^2 (s^2 + s_k^2)}} \right)},$$

$$\cos \varphi_{r2} = \frac{1-s}{2} \sqrt{\frac{M_{\dot{a}i.}}{M_k} \left(\sqrt{\frac{s_k}{s}} - \sqrt{\frac{1}{s \cdot s_k} + \frac{4}{(1-s)^2 (s^2 + s_k^2)}} \right)}.$$

Пренебрегая активной составляющей тока холостого хода, найдем коэффициенты мощностей первичных цепей первого и второго двигателя:

$$\cos \varphi_{s1} = \frac{i_r \cos \varphi_{r1}}{i_{s1}},$$

$$\cos \varphi_{s2} = \frac{i_r \cos \varphi_{r2}}{i_{s2}},$$

где i_{s1} , i_{s2} – токи статоров.

Выражение для результирующего коэффициента мощности электропривода:

$$\cos \varphi_s = \frac{i_{s1} \cdot \cos \varphi_{s1} + i_{s2} \cdot \cos \varphi_{s2}}{\sqrt{(i_{s1} \cdot \cos \varphi_{s1} + i_{s2} \cdot \cos \varphi_{s2})^2 + (i_{s1} \cdot \sin \varphi_{s1} + i_{s2} \cdot \sin \varphi_{s2})^2}}$$

Запишем мощность потерь для асинхронного электропривода, для чего примем допущение [13] о пренебрежимо малом влиянии всех потерь в стали на динамические свойства электропривода. Также пренебрежем механическими и добавочными потерями:

$$\Delta P_\Sigma = \Delta P_s + \Delta P_r,$$

где $\Delta P_s = 3R_s(i_{s1} + i_{s2})$ – потери в статорных цепях;

$\Delta P_r = (6R_r + R_\alpha)i_r$ – потери в роторных цепях.

Коэффициент полезного действия электропривода определим по формуле:

$$\eta = \frac{P_{i\dot{\alpha}\delta}}{D_{i\dot{\alpha}\delta}} = \frac{P_{i\dot{\alpha}\delta}}{P_{i\dot{\alpha}\delta} + \Delta P_\Sigma},$$

где $P_{мех}$ – полезная мощность на валу ротора;

$P_{потр}$ – мощность, потребляемая из сети.

Результаты расчета полезной мощности на валу каждого двигателя $P_{мех1}$, $P_{мех2}$, коэффициентов полезного действия каждого двигателя η_1 , η_2 и всего электропривода η_Σ показаны на рисунках 1, а и б соответственно. Расчеты производились по дифференциальным уравнениям динамики электропривода [11, 15, 16]; допущения по мощностям потерь, заложенные в модель, указаны выше. Также по приведенным соотношениям построены кривые $\cos\varphi_{r1}$ и $\cos\varphi_{r2}$ (рис. 1, в). В приводе применяются два двигателя ДМТФ 012-06.

Как видно из рисунка 1, б в диапазоне регулирования скорости до $s = 0,2$ снижение суммарного КПД от номинального составляет до 0,15, что говорит о возможности использования данного способа регулирования скорости в небольшом диапазоне регулирования скорости.

При максимальной скорости привода токи неподвижного и поворотного статоров двигателей оказываются равными номинальному; то же относится и к току ротора. Максимальные значения тока статора одного из двигателей могут превосходить номинальные значения.

Так как при регулировании угла поворота статора θ одна из машин перегружена по току статора по сравнению с другой, причем при изменении направления поворота статора перегрузка переносится с одной машины на другую и наоборот, то в приводах со ступенчатым режимом работы можно с целью выравнивания температуры двигателей производить поворот статора как в положительном, так и в отрицательном направлениях. Выбор направления поворота может быть осуществлен автоматически посредством датчика температуры машин.

Конкурентоспособность системы асинхронного электропривода с поворотным статором может возрасти при некоторых специфических условиях регулирования производительности вентилятора. Например, такие условия возникают при регулировании не мгновенной, а средней производительности вентилятора, работающего на «инерционный» объект (тяговое электрооборудование привода с большой постоянной нагревания), когда допустимы двухуровневые режимы по производительности.

В этом случае при работе на каждом из уровней производительности потери скольжения оказываются соизмеримыми с потерями в частотно-регулируемом электроприводе. При двух уровнях регулирования, верхний из которых соответствует номинальной скорости, в электроприводе с поворотным статором в значительном диапазоне регулирования могут

быть получены энергетические показатели, близкие к системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель

Потери мощности в электродвигателе при частотном управлении с компенсацией падения напряжения в активных сопротивлениях статора зависят, в основном, от частоты напряжения, от момента сопротивления нагрузки и определяются параметрами электродвигателя [17-19].

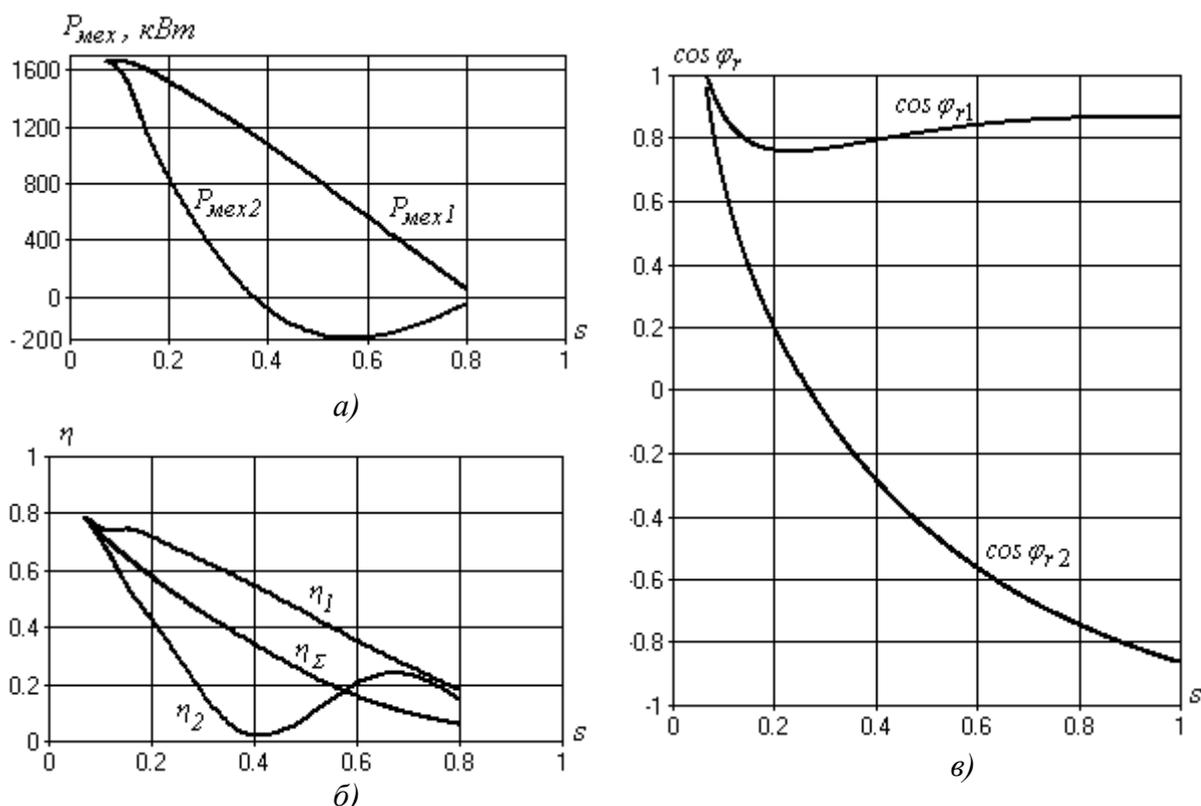


Рисунок 1 - Расчетные зависимости полезной мощности $P_{\text{мех}}$ (а), коэффициентов мощности η (б) и коэффициентов мощности цепи ротора $\cos \varphi_r$ (в) от скольжения s

В работе [20] были произведены расчеты кпд асинхронных электродвигателей вентиляторов при питании от двухступенчатого преобразователя частоты 50/25 Гц. Из-за снижения частоты вращения вала электродвигателя в 2 раза момент сопротивления нагрузки на валу уменьшается ориентировочно в 4 раза. Согласно [20], кпд асинхронных двигателей может снижаться с 88 % в номинальном режиме до 53 % при частоте тока 25 Гц, то есть уменьшаться на 40 % (расчеты производились для двигателей АНЭ225L4УХЛ2).

Таким образом, кпд электропривода с асинхронным двигателем с поворотным статором оказывается сопоставимым с кпд электропривода, содержащего преобразователь частоты, в небольшом диапазоне частоты вращения, что удовлетворяет особенностям работы электроприводов вентиляторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, научный проект № 14-08-31274

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Космодамианский, А. С. Анализ и систематизация систем электропривода тягового подвижного состава [Текст] / А. С. Космодамианский [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2(41). - С. 46-53.

2. Космодамианский, А. С. Сравнительная оценка различных способов скалярного управления тяговым асинхронным двигателем с учетом температуры обмоток [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - №6. - 2011. - С. 129-135.
3. Воробьев, В. И. Асинхронный электропривод механизмов с вентиляторной нагрузкой [Текст] / В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *Материалы 58-й научной конференции профессорско-преподавательского состава*. - Брянск: БГТУ. - 2008. - С. 99-100.
4. Луков, Н. М. Электроприводы вентиляторов для регуляторов температуры энергетических установок подвижного состава [Текст] / Н. М. Луков, А. С. Космодамианский, Ю. В. Попов // *НТТ – Наука и техника транспорта*. - № 1. - 2005. - С. 44-55.
5. Воробьев, В. И. Регулируемые электроприводы вентиляторов охлаждения электрооборудования и энергоустановок локомотивов [Текст] / В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *Материалы международной научной конференции «Наука и производство - 2009*. - Брянск: БГТУ. – 2009. - ч. 1. - С. 284-285.
6. Рутштейн, А. М. Выбор схемы вспомогательного электропривода электровоза ЭП200 [Текст] / А. М. Рутштейн // *Тезисы докладов 3-ей междунар. науч.-техн. конф. «Состояние и перспективы развития электроподвижного состава»*. - Новочеркасск. - 2000.
7. Munoz, A.R. Dual Stator Winding Induction Machine Drive / A.R. Munoz, T.A. Lipo // *IEEE Transactions on industry applications*, vol. 36, no. 5, September/October 2000 – P. 1369-1379.
8. Volker Distelrath, Aubert Martin. The S252 Dual-System AC Electric Locomotive with Three-Phase Drive for Spanish Railways. *Elektrische Bahnen* №5, 1990.
9. Паршин, А. Н. Регулируемый электропривод на базе тиристорного преобразователя с непосредственной связью для систем собственных нужд электровозов переменного тока: Дис. ... канд. техн. наук / А. Н. Паршин. - М., 2006. - 179 с.
10. Пугачев, А.А. Синтез передаточной функции асинхронного электропривода с поворотным статором [Текст] / А. А. Пугачев // *Вестник Брянского государственного технического университета*. - Брянск: БГТУ. – 2008. - № 4. - С. 25-28.
11. Самотканов, А. В. Математическая модель электропривода с двумя асинхронными двигателями, один из которых содержит поворотный статор [Текст] / А. В. Самотканов, В. И. Воробьев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - № 3 (305). - 2014. - С. 30-36.
12. Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты [Текст] / Р. Т. Шрейнер. - Екатеринбург: УРОРАН, 2000. – 654 с.
13. Ключев, В. И. Теория электропривода: учебник для вузов [Текст] / В. И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2001. - 704 с.
14. Schönfeld, R. Untersuchung zur Dynamik und Stabilität der elektrischen Arbeitswelle / R. Schönfeld // *ELEKTRIE*, 1969, H. 5, S. 182 – 184
15. Космодамианский, А. С. Дифференциальные уравнения асинхронного электропривода с поворотным статором [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *НТТ – наука и техника транспорта*. - № 3. - 2008. - С. 50-55.
16. Космодамианский, А. С. Особенности математической модели электропривода с двумя асинхронными двигателями, один из которых содержит поворотный статор [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *Известия ОрелГТУ. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - №1. - 2010. - С. 8-13.
17. Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод [Текст] / И. Я. Браславский, З. Н. Ишмагов, В. Н. Поляков. - М.: Академия, 2004. - 256 с.
18. Пугачев, А. А. Минимизация мощности потерь электропривода с асинхронным двигателем / А. А. Пугачев, А. С. Космодамианский, Д. А. Бондаренко // *Энерго- и ресурсосбережение XXI век.: материалы XI международной научно-практической интернет-конференции*. - 2013 г. - Орёл: Госуниверситет-УНПК. - 2013. - С. 89-92.
19. Космодамианский, А. С. Моделирование электропривода с асинхронным двигателем в режиме минимума мощности потерь [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *Электротехника*. - 2012. - № 12. - С. 26-31.
20. Орленко, А. И. Энергосбережение в цепях вспомогательных машин электровозов переменного тока на основе ступенчатого управления производительностью вентиляторов: Дис. ... канд.техн.наук: 05.22.07 / А.И. Орленко. - Иркутск, 2004. - 196 с.

Пугачев Александр Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы»

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

Воробьев Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог»
E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

Михальченко Георгий Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
Д-р техн. наук, проф. кафедры «Подвижной состав железных дорог»
E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

Космодамианский Андрей Сергеевич

Российская открытая академия транспорта (филиал МГУПС)
Адрес: 125808, Россия, г. Москва, ул. Часовая, 22/2
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тяговый подвижной состав»
E-mail: askosm@mail.ru

Самотканов Александр Васильевич

Российская открытая академия транспорта (филиал МГУПС)
Адрес: 125808, Россия, г. Москва, ул. Часовая, 22/2
Ассистент кафедры «Тяговый подвижной состав»
E-mail: askosm@mail.ru

A. A. PUGACHEV, V. I. VOROBIEV, G. S. MIKHAL'CHENKO,
A. S. KOSMODAMIANSKIY, A. V. SAMOTKANOV

ENERGY INDICATORS FOR QUALITY ELECTRIC AUXILIARY SYSTEMS OF TRACTION ROLLING STOCK

The peculiarities of the auxiliary system electric drive of tractive rolling stock are shown. The power characteristics of electric drive with an induction motor having the turning stator are considered.

Keywords: induction motor, electric drive, tractive rolling stock, fan load, power factor.

BIBLIOGRAPHY

1. Kosmodamianskiy, A. S. Analiz i sistematizatsiya sistem elektroprivoda tyagovogo podvizhnogo so-stava [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy [i dr.] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2(41). - S. 46-53.
2. Kosmodamianskiy, A. S. Sravnitel'naya otsenka razlichnykh sposobov skalyarnogo upravleniya tyagovym asinkhronnym dvigatelem s uchetom temperatury obmotok [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob'ev, A. A. Pugachev // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - №6. - 2011. - S. 129-135.
3. Vorob'ev, V. I. Asinkhronnyy elektroprivod mekhanizmov s ventilyatornoy nagruzkoy [Tekst] / V. I. Vorob'ev, A. A. Pugachev // Materialy 58-y nauchnoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava. - Bryansk: BGTU. - 2008. - S. 99-100.
4. Lukov, N. M. Elektroprivody ventilyatorov dlya regulyatorov temperatury energeticheskikh ustanovok podvizhnogo sostava [Tekst] / N. M. Lukov, A. S. Kosmodamianskiy, YU. V. Popov // NTT - Nauka i tekhnika transporta. - № 1. - 2005. - S. 44-55.
5. Vorob'ev, V. I. Reguliruemye elektroprivody ventilyatorov okhlazhdeniya elektrooborudovaniya i energostanovok lokomotivov [Tekst] / V. I. Vorob'ev, A. A. Pugachev // Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Nauka i proizvodstvo - 2009. - Bryansk: BGTU. - 2009. - ch. 1. - S. 284-285.
6. Rutshteyn, A. M. Vybory skhemy vspomogatel'nogo elektroprivoda elektrovoza EP200 [Tekst] / A. M. Rutshteyn // Tezisy dokladov 3-ey mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Sostoyaniye i perspektivy razvitiya elektropo-dvizhnogo sostava". - Novocherkassk. - 2000.
7. Munoz, A.R. Dual Stator Winding Induction Machine Drive / A.R. Munoz, T.A. Lipo // IEEE Transactions on industry applications, vol. 36, no. 5, September/October 2000 - P. 1369-1379.
8. Volker Distelrath, Aubert Martin. The S252 Dual-System AC Electric Locomotive with Three-Phase Drive for Spanish Railways. Electriche Bahnen №5, 1990.

9. Parshin, A. N. Reguliruemyyu elektroprivod na baze tiristornogo preobrazovatelya s neposred-stvennoy svyaz`yu dlya sistem sobstvennykh nuzhd elektrovozov peremennogo toka: Dis. ... kand. tekhn. nauk / A. N. Parshin. - M., 2006. - 179 s.
10. Pugachev, A.A. Sintez peredatochnoy funktsii asinkhronnogo elektroprivoda s povorotnym statorom [Tekst] / A. A. Pugachev // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Bryansk: BGTU. - 2008. - № 4. - S. 25-28.
11. Samotkanov, A. V. Matematicheskaya model` elektroprivoda s dvumya asinkhronnymi dvigatelyami, odin iz kotorykh sodержit povorotnyy stator [Tekst] / A. V. Samotkanov, V. I. Vorob`ev // Fundamental`nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - № 3 (305). - 2014. - S. 30-36.
12. SHreyner, R. T. Matematicheskoe modelirovanie elektroprivodov peremennogo toka s poluprovodnikovymi preobrazovatelyami chastoty [Tekst] / R. T. SHreyner. - Ekaterinburg: URORAN, 2000. - 654 s.
13. Klyuchev, V. I. Teoriya elektroprivoda: uchebnik dlya vuzov [Tekst] / V. I. Klyuchev. - M.: Energoatomizdat, 2001. - 704 s.
14. Sch?nfeld, R. Untersuchung zur Dynamik und Stabilit?t der elektrischen Arbeitswelle / R. Sch?nfeld // ELEKTRIE, 1969, H. 5, S. 182 - 184
15. Kosmodamianskiy, A. S. Differentsial`nye uravneniya asinkhronnogo elektroprivoda s povorotnym statorom [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob`ev, A. A. Pugachev // NTT - nauka i tekhnika transporta. - № 3. - 2008. - S. 50-55.
16. Kosmodamianskiy, A. S. Osobennosti matematicheskoy modeli elektroprivoda s dvumya asinkhronnymi dvigatelyami, odin iz kotorykh sodержit povorotnyy stator [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob`ev, A. A. Pugachev // Izvestiya OrelGTU. Fundamental`nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - №1. - 2010. - S. 8-13.
17. Braslavskiy, I. YA. Energoberegayushchiy asinkhronnyy elektroprivod [Tekst] / I. YA. Braslavskiy, Z. N. Ishmatov, V. N. Polyakov. - M.: Akademiya, 2004. - 256 s.
18. Pugachev, A. A. Minimizatsiya moshchnosti poter` elektroprivoda s asinkhronnym dvigatelem / A. A. Pugachev, A. S. Kosmodamianskiy, D. A. Bondarenko // Energo- i resursoberezhenie XXI vek.: materialy XI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. - 2013 g. - Oriol: Gosuniversitet-UNPK. - 2013. - S. 89-92.
19. Kosmodamianskiy, A. S. Modelirovanie elektroprivoda s asinkhronnym dvigatelem v rezhime mini-muma moshchnosti poter` [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob`ev, A. A. Pugachev // Elektrotehnika. - 2012. - № 12. - C. 26-31.
20. Orlenko, A. I. Energoberezhenie v tsepyakh vspomogatel`nykh mashin elektrovozov peremennogo toka na osnove stupenchatogo upravleniya proizvoditel`nost`yu ventilyatorov: Dis. ... kand.tekhn.nauk: 05.22.07 / A.I. Orlenko. - Irkutsk, 2004. - 196 s.

Pugachev Alexander Anatol'evich

FGBOU VPO «Bryansk State Technical University»

Address: 241035, Russia, g. Bryansk Boulevard 50th anniversary of the October Revolution, d. 7

Candidate. tehn. Associate Professor, Department "Electronic, radio and electrical systems"

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

Vorobiev Vladimir Ivanovich

FGBOU VPO «Bryansk State Technical University»

Address: 241035, Russia, g. Bryansk Boulevard 50th anniversary of the October Revolution, d. 7

Candidate. tehn. Associate Professor, Department "Railway rolling stock"

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

Mikhal'chenko George Sergeevich

FGBOU VPO «Bryansk State Technical University»

Address: 241035, Russia, g. Bryansk Boulevard 50th anniversary of the October Revolution, d. 7

Dr. tehn. Sciences, prof. the Department "Railway rolling stock"

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

Kosmodamianskiy Andrey Sergeevich

Russian Academy of open transport (branch MGUPS)

Dr. tehn. Sciences, Professor, Head. the department "Traction rolling stock"

Address: 125808, Russia, g. Moscow, ul. Hour, 22/2

E-mail: askosm@mail.ru

Samotkanov Alexander Vasil'evich

Russian Academy of open transport (branch MGUPS)

Address: 125808, g. Moscow, ul. Hour, 22/2

Assistant of the Department "Traction rolling stock"

E-mail: askosm@mail.ru

УДК 656.11:656.132

В. И. САРБАЕВ, М. Н. ХАМИДУЛИН, Г. В. СИДЕЛЬНИКОВ

АВТОБУСНЫЕ ОСТАНОВКИ В ГЕРМАНИИ

Представлены требования, предъявляемые к обустройству и расположению автобусных остановок в Германии.

Ключевые слова: качество обслуживания пассажиров, автобусные остановки, доступность транспорта для инвалидов.

Время транспортных корреспонденций включает в себя, кроме всего прочего, время ожидания транспортного средства. К сожалению, зачастую это время может быть весьма значительным. Время ожидания является одним из важнейших показателей качества обслуживания пассажиров. А вот то, в каких условиях находится пассажир во время ожидания, зачастую не отражается ни в каких отчетах. Вместе с тем, условия ожидания также являются одним из показателей качества обслуживания пассажиров.

В настоящее время в РФ требования к автобусным остановкам регламентируются тремя документами [1, 2, 3]. Изучая опыт европейских стран, следует отметить существенные отличия их требований, предъявляемых к организации остановок общественного транспорта, от Российских подходов и требований.

В этом отношении интересен опыт Германии, где работа общественного транспорта поставлена на высоком уровне [4].

В Германии расположение остановок рекомендуется выбирать таким образом, чтобы обеспечить пассажирам максимальный уровень безопасности и комфорта, кратчайшее расстояние и минимальное время для необходимых пересадок пассажиров. Для водителей автобусов должны быть созданы оптимальные условия для обеспечения безопасных остановки и начала движения, посадки-высадки пассажиров.

Основные требования к автобусным остановкам в Германии характеризуются следующим образом:

Доступность для пассажиров: подходы к остановкам должны быть ровными, без препятствий. Потенциальные препятствия, такие как тумбы, урны для мусора, рекламные щиты и т.д., должны быть расположены так, чтобы они не стояли на пути пассажиров.

Дизайн и основное оборудование остановки:

- все оборудование и предметы автобусной остановки по форме и материалу должны быть выдержаны в едином формате;
- элементы должны быть отличимы друг от друга по контрасту;
- обязательно наличие информационного столба;
- названия и номера маршрутов должны быть отчетливо видны;
- павильон должен защищать пассажиров от непогоды;
- на остановке должна быть размещена необходимая для пассажиров информация: расписание, карта маршрута, карта местности, тарифные ситуации;
- по необходимости в павильоне может быть устроена скамейка (50+55 см над поверхностью);
- обязательна урна для мусора;
- дополнительные элементы оборудования (по мере необходимости и возможности): единый дизайн, велосипедная стоянка с навесом, почтовый ящик, рекламная витрина внутри павильона.

Доступность для инвалидов:

- обустройство высоких бордюров, безопасных для покрышек автомобилей, чтобы разница высот между ступенькой автобуса и посадочной площадкой была минимальна;
- обеспечение минимального расстояния от автобуса до посадочной площадки;
- визуальная и тактильная маркировка посадочной площадки в области посадки в автобус.

Требования к безопасности:

- равномерное освещение всех автобусных остановок, обеспечение читаемости информации для пассажиров (возможно, за счет рекламных витрин или уличных фонарей);
- если возможно, прозрачный дизайн павильона;
- прямая видимость места, откуда подъезжает автобус.

Различают три вида остановок в зависимости от вида сообщения и числа пассажиров, пользующихся остановкой:

- “простая остановка” (менее 50 пассажиров в день);
- “нормальная остановка” (50...200 пассажиров в день);
- “остановка основного значения” (более 200 пассажиров в день).

Минимально необходимыми требованиями для всех типов остановок являются единый дизайн, освещение, урна для мусора, доступность для инвалидов, визуальная и тактильная площадка перед входом на остановку и автобус.

«Нормальная остановка» кроме того должна быть оснащена информационным столбом с «информационным квартетом» (расписание, схема маршрута, карта местности, тариф на проезд).

«Остановка основного назначения», дополнительно к перечисленному, оснащается скамейкой в павильоне (50...55 см над поверхностью площадки), планом города, стоянкой для велосипедов с навесом, почтовым ящиком.

Длина посадочной площадки составляет не менее 20 м (длина сочлененного автобуса, как правило, равна 18 м), рядом с посадкой и высадкой пассажиров должен быть информационный столб, посадочная площадка должна быть покрыта визуальными и тактильными элементами (рис. 1).

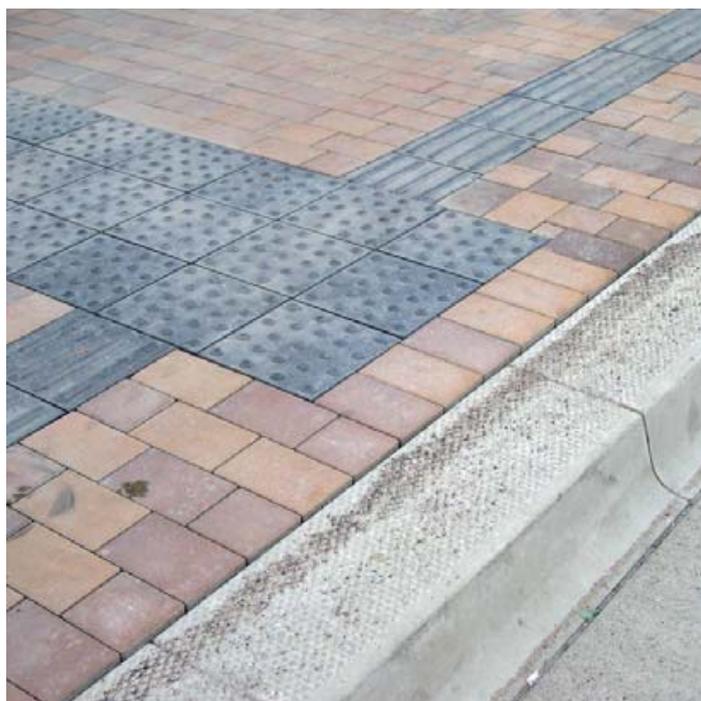


Рисунок 1 – визуальные и тактильные элементы на посадочной площадке

Для инвалидов-колясочников и для пассажиров с детскими колясками, обеспечивается низкое вступление в автобусе через обустройство высокого уровня посадочной площадки. На остановках, где автобус может подъезжать прямо (остановка на проезжей части с парковочными местами), высота тротуара может достигать 18 см, а высота посадочной площадки автобуса составляет 30 см, а при использовании низкопольного автобуса расстояние от ступеньки автобуса до поверхности равно 20 см. Тем самым разница высоты может составлять 2 см.

На автобусных остановках с дополнительным карманом высота бордюра должна составлять не более 16 см, т.е. при использовании низкопольного автобуса разница высот будет составлять 4 см.

Для уменьшения расстояния от посадочной площадки до ступеньки входа в автобус, применяются безопасные бордюры (водителю легче приблизиться к посадочной площадке). Бордюр изготавливается из гладкого материала со стороны проезжей части, а на посадочной площадке перед перепадом высот из тактильного материала для слабовидящих людей (рис. 2).



Рисунок 2 – Устройство бордюра в г. Фленсбург

Бордюр опускают на 3 см относительно посадочной площадки, для того, чтобы слабовидящие люди могли нащупать конец тротуара.

Тип павильона выбирают в зависимости от вида остановки. Например, в г. Фленсбурге предусмотрены павильоны для автобусных остановок, которыми пользуются более 50 пассажиров в день. По возможности павильон располагают в области переднего выхода автобуса. Минимальное расстояние от павильона до края бордюра составляет 1,5 м, в исключительных случаях расстояние можно сократить до 1,2 м.

Павильон должен отвечать следующим требованиям:

- защита от непогоды (дождь, снег и т.д.);
- предотвращение сквозняка на всем пространстве павильона от крыши до боковых стен;
- модульная конструкция (возможна половина боковой стены);
- низкие расходы на ремонт и эксплуатацию;
- стены павильона должны быть прозрачными, снаружи наносится маркировка для слабовидящих людей, которая располагается по всему периметру на середине стены;
- равномерное освещение информации для пассажира (не допускается слабой подсветки), яркий потолок в павильоне, отражающий свет;
- деревянная скамейка высотой 50...55 см с опорой для спины;

№ 1(48) 2015 (январь-март) Безопасность движения и автомобильные перевозки

- место для информационного окна, которое монтируется в стене павильона;
- обзор в сторону прибывающих автобусов не должен быть загорожен ни деревьями, ни другими препятствиями;
- все предметы и элементы остановки необходимо выдерживать в едином формате, но при этом отдельные элементы должны быть отличимы друг от друга по контрасту.

Другое оборудование, такое, как информационный столб, урны для мусора и т.д., являются однородными по форме и материалу. Для того, чтобы добиться контраста между элементами, можно использовать разные цвета (например, от светло-желтого до темно-синего, темно-красный и белый и т.д.).

Такие места, как центральные остановки, или, например, остановки у супермаркетов, которые представляются центральными в системе общественного транспорта, могут оснащаться другими павильонами. Вместе с тем, они должны повторять формы и материалы других павильонов.

На рисунке 3 показаны общий вид и основные размеры павильонов, которые используются в Германии.

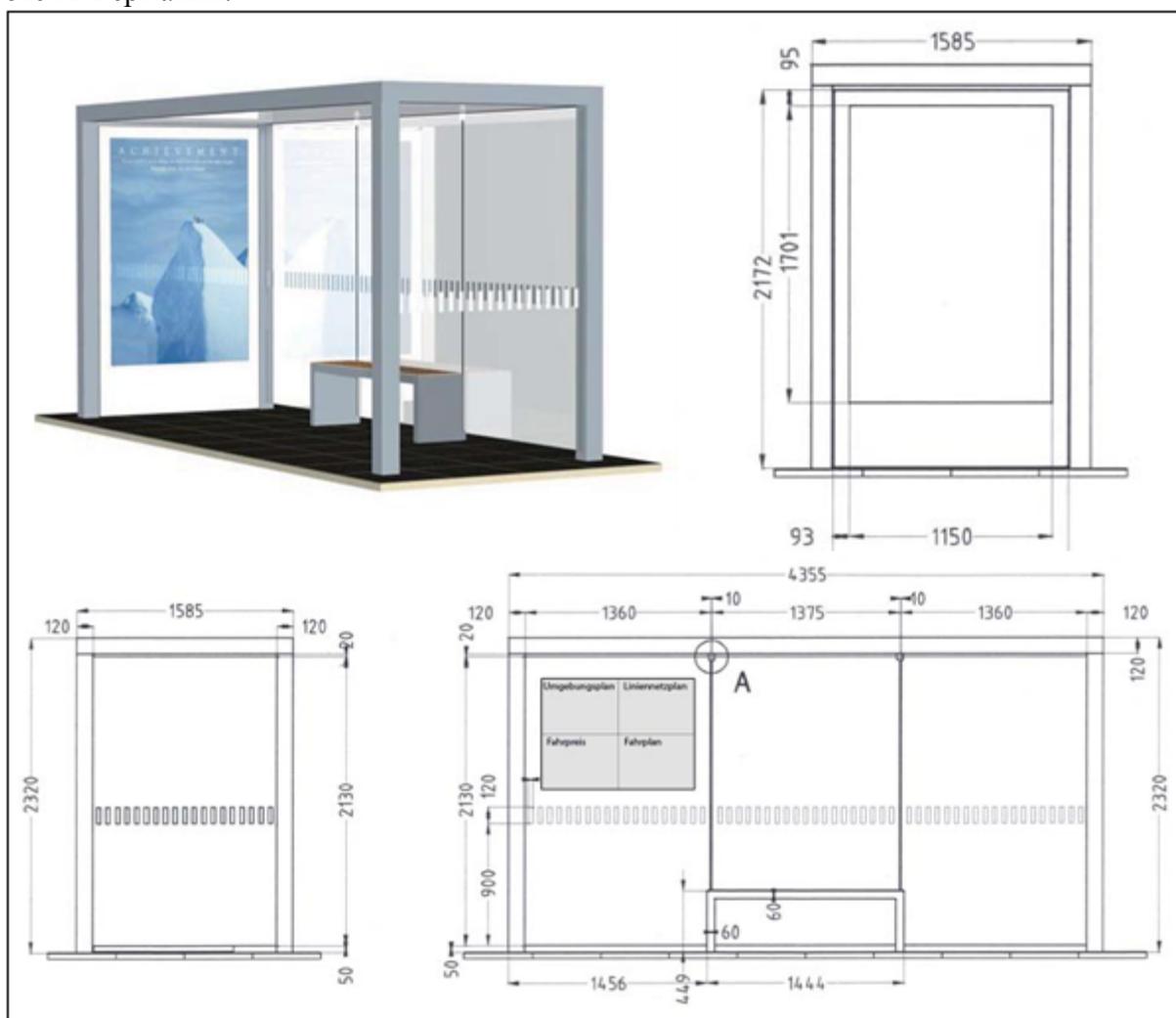


Рисунок 3 – Общий вид и основные размеры автобусных павильонов в Германии

В рамках концепции организации автобусных остановок относительно проезжей части, они подразделяются на три типа:

- 1) “Bushaltestellen am Fahrbahnrand” – остановочная площадка на краю проезжей части без стояночных мест;

2) “Haltestellenkap” – остановочная площадка на краю проезжей части с парковочными местами;

3) “Busbuchten” – остановочная площадка в дополнительном кармане.

Остановки на краю проезжей части, без стояночных мест обычно устраивают в местах, где запрещена остановка для остального транспорта. Преимущество таких остановок в том, что они могут строиться с незначительными изменениями в организации дорожного движения и устройстве дороги.

Недостаток этих остановок в том, что при несоблюдении правил парковки, автомобили могут мешать автобусу, чего не наблюдается при использовании остановок второго типа. Если стоянка автомобилей разрешена в зоне действия остановки, то необходимо обозначить место остановочной площадки, чтобы водитель мог подъехать максимально близко к бордюру, а при начале движения ему было максимально просто отъехать от остановочной площадки. При установке информационного столба необходима дополнительная маркировка, т.к. стоянка автомобилей запрещена на протяжении 15 м до и после столба. Знаки, запрещающие остановку, являются альтернативой разметке. Так как знак является дополнительной преградой на остановке, а для слабовидящих это может повлечь за собой путаницу с информационным столбом, рекомендуется использовать маркировку дорожного полотна, запрещающую стоянку.

В области зоны ожидания пассажиров не должно быть движения, велосипедисты и пешеходы должны передвигаться вне зоны ожидания, для чего необходимо обустроить соответствующие дорожки и тротуары.

Считается, что автобусные остановки с остановочной площадкой на краю проезжей части с парковочными местами являются наиболее удобными и безопасными для водителей и пассажиров, не мешают движению велосипедистам и пешеходам, и, поэтому, их рекомендуется устанавливать как можно чаще.

Это стандартная остановка, на которой автобус остается на краю проезжей части, пока происходит посадка и высадка пассажиров, а после посадки пассажиров автобус может беспрепятственно начать движение.

Преимущества таких остановок:

- так как автобус останавливается на остановочной площадке без дополнительных маневров, водителю намного легче остановиться максимально близко к бордюру что, в свою очередь, облегчает посадку и высадку пассажиров, особенно инвалидов-колясочников и пассажиров с детскими колясками;

- на основе прямолинейного подъезда к остановке можно устанавливать более высокие бордюры (до 18 см), уменьшить разницу высот при посадке и высадке, что создает необходимые условия для посадки-высадки инвалидов-колясочников и пассажиров с детскими колясками;

- для рейсового автобуса созданы оптимальные условия обеспечения максимальной безопасности для отъезда от остановки и дальнейшего движения;

- обеспечивается приоритет при отъезде от остановки рейсового автобуса перед другими транспортными средствами;

- требуется незначительная длина остановочной площадки;

- требуется меньше затрат при организации остановки по сравнению с остановкой в дополнительном кармане;

- остается больше площади для пассажиров по сравнению с остановкой в дополнительном кармане;

- облегчается работа водителя, а пассажирам – посадка и высадка;

- облегчается уборка в зимний период.

Этот тип остановок оказывает существенное влияние на транспортный поток при больших интенсивностях движения. Остановки на проезжей части с парковочными местами рекомендуется использовать при интервале движения 10 мин. и более, а также при времени стоянки автобуса на остановке не более 16 с.

Из-за преобладающего преимущества остановок этого типа, рекомендуется обустроить их на главных магистралях.

При этом область пребывания пассажиров на остановке должны быть отделены от тротуара и велосипедной дорожки.

Автобусные остановки с остановочной площадкой в дополнительном кармане требуют дополнительной полосы с большой площадью, длиной до 90 м., и поэтому рекомендуется обустроить их лишь в исключительных случаях. Они признаны нежелательными в застроенных районах.

Основными недостатками остановок этого типа является то, что:

- при трогании автобус должен выезжать в движущийся поток, что создает дополнительные сложности с точки зрения обеспечения безопасности движения;
- при заезде и выезде с остановки возникают неприятные боковые перегрузки, действующие на пассажиров;
- при таком типе остановки водители не всегда соблюдают правила стоянки;
- при заезде на остановку водитель не всегда может ровно относительно бордюра поставить автобус, что приводит к неудобству для пассажиров при высадке и посадке, особенно для пассажиров-колясочников;
- остается меньше места для остановочного павильона из-за организации дополнительной полосы, при этом необходимо обеспечить беспрепятственное движение велосипедистов, а также затрудняется чтение информационного стенда;
- требуются дополнительные затраты на уборку в зимний период;
- с развитием городов их организация становится проблемной.

В отличие от России, в Германии считают, что остановки в дополнительном кармане имеют больше недостатков, чем преимуществ, по сравнению с остановками на краю проезжей части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по проектированию автобусных остановок [Текст] / Москва: Министерство транспортного строительства, Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (СОЮЗДОРНИИ), 1975 г. - 16 с.
2. Методические рекомендации по проектированию площадок для стоянок автомобилей и автобусных остановок [Текст] / Москва: Министерство транспортного строительства, Государственный всесоюзной дорожный научно-исследовательский институт (СОЮЗДОРНИИ), 1988 г.
3. ОСТ 218.1.002-2003. Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования [Текст].
4. Rathaus in Flensburg. Haltestellenkonzept Flensburg, Flensburg, 2009 J, s 19.
(http://www.flensburg.de/imperia/md/content/asp/flensburg/verkehr_mobilitaet/mitdembus/haltestellenkonzept.pdf).

Сарбаев Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО "Московский государственный индустриальный университет"

Адрес: 115280, Россия, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16

Д-р техн. наук, профессор, почетный работник транспорта РФ, заведующий кафедрой «Эксплуатация транспортных средств»

E-mail: sarbaev@mail.msiu.ru

Хамидулин Михаил Николаевич

ФГБОУ ВПО "Московский государственный индустриальный университет"

Адрес: 115280, Россия, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16

Аспирант кафедры «Эксплуатация транспортных средств»
E-mail: m.khamidulin@gmail.com

Сидельников Геннадий Васильевич

ФГБОУ ВПО "Московский государственный индустриальный университет"
Адрес: 115280, Россия, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация транспортных средств»
E-mail: sidelnikovgv@mail.ru

V. I. SARBAEV, M. N. KHAMIDULIN, G. V. SIDELNIKOV

BUS STATIONS IN GERMANY

Presents the requirements for the arrangement and location of bus stations in Germany.

Keywords: *quality of service of passengers, bus stations, availability of transport to physically disabled people.*

BIBLIOGRAPHY

1. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu avtobusnykh ostanovok [Tekst] / Moskva: Mini-sterstvo transportnogo stroitel'stva, Gosudarstvennyy vsesoyuznyy dorozhnyy nauchno-issledovatel'skiy institut (SOYUZDORNII), 1975 g. - 16 s.
2. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu ploshchadok dlya stoyanok avtomobiley i avtobusnykh ostanovok [Tekst] / Moskva: Ministerstvo transportnogo stroitel'stva, Gosudarstvennyy vsesoyuznoy do-rozhnyy nauchno-issledovatel'skiy institut (SOYUZDORNII), 1988 g.
3. OST 218.1.002-2003. Avtobusnye ostanovki na avtomobil'nykh dorogakh. Obschie tekhnicheskie trebovaniya [Tekst].
4. Rathaus in Flensburg. Haltestellenkonzept Flensburg, Flensburg, 2009 J, s 19.
(http://www.flensburg.de/imperia/md/content/asp/flensburg/verkehr_mobilitaet/mitdembus/haltestellenkonzept.pdf).

Sarbaev Vladimir Ivanovich

ФГБОУ ВПО "Moscow State Industrial University"
Address: 115280, Russia, g. Moscow, ul. Avtozavodskaya, d. 16
Dr. Sci. Sciences, Professor, Honorary Worker of Transport of the Russian Federation, Head of the Department "Exploitation of vehicles"
E-mail: sarbaev@mail.msiu.ru

Khamidulin Mikhail Nikolaevich

ФГБОУ ВПО "Moscow State Industrial University"
Address: 115280, Russia, g. Moscow, ul. Avtozavodskaya, d. 16
Graduate student of "Operation vehicles"
E-mail: m.khamidulin@gmail.com

Sidelnikov Gennady Vasilyevich

ФГБОУ ВПО "Moscow State Industrial University"
Address: 115280, Russia, g. Moscow, ul. Avtozavodskaya, d. 16
Cand. tehn. Associate Professor, Department "Operation of vehicles"
E-mail: sidelnikovgv@mail.ru

УДК 629.488.2

Н. А. ЗАГОРОДНИХ

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье рассмотрены способы определения безопасного расстояния между движущимися друг за другом транспортными средствами посредством определения тормозного пути транспортного средства. Приведены такие понятия как, коэффициент продольного сцепления и его связь с аварийностью, а так же влияние состояния дорожного покрытия на аварийность. Сформулированы недостатки существующих аналитических и экспериментальных методов определения тормозного пути транспортного средства.

Ключевые слова: безопасность движения, тормозной путь, безопасная дистанция, дистанция безопасности, определение тормозного пути.

Проблема безопасной эксплуатации транспортных средств становится в настоящее время одной из важнейших. Ее решение выдвигает комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасности на дорогах [1, 2].

Одним из важнейших факторов безопасной езды является соблюдение правильной дистанции между движущимися друг за другом транспортных средств. В п. 13.1 «Правил дорожного движения» записано, что водитель в зависимости от скорости движения, дорожной обстановки, особенностей перевозного груза и состояния транспортных средств должен соблюдать безопасную дистанцию.

Мнения насчет того, каким должно быть расстояние между движущимися транспортными средствами, разделились. Одни специалисты утверждают, что дистанция должна быть равна половине численного значения скорости, с которой они двигаются (скажем, при скорости 60 км/ч дистанция безопасности должна составлять 30 м), другие же считают, что дистанция должна быть равна скорости транспортного средства. Например, при движении транспортного средства со скоростью 50 км/ч дистанция должна быть 50 м, при скорости 70 км/ч - 70 м и так далее [3].

Как же все-таки правильно определить дистанцию, какие основные критерии ее выбора и что необходимо об этом знать каждому участнику движения? Здесь важную роль играет оценка тормозного пути транспортного средства, который, по сути, и является безопасной дистанцией между транспортными средствами, движущимися в транспортном потоке [4-6].

Рассчитать заблаговременно опасную зону торможения для всех возможных случаев трудно [7]. Остановимся лишь на определении основного тормозного пути.

Оценку тормозного пути транспортного средства проводят двумя способами - это расчетно-аналитическим и экспериментальным.

Одним из распространенных способов определения тормозного пути является расчетно-аналитический способ, использующий тормозную характеристику [8]. На рисунке 1 приведена тормозная диаграмма транспортного средства, имея которую можно определить тормозной путь.

Тормозной путь определяется согласно выражению:

$$S_T = S_2 + S_3 + S_4 = (t_2 + 0,5t_3) \cdot V_a + V^2 a / (2j), \quad (1)$$

где t_2 – время запаздывания тормозного привода;

t_3 - время нарастания замедления;

j - установившееся замедление ТС;

V_a – скорость ТС.

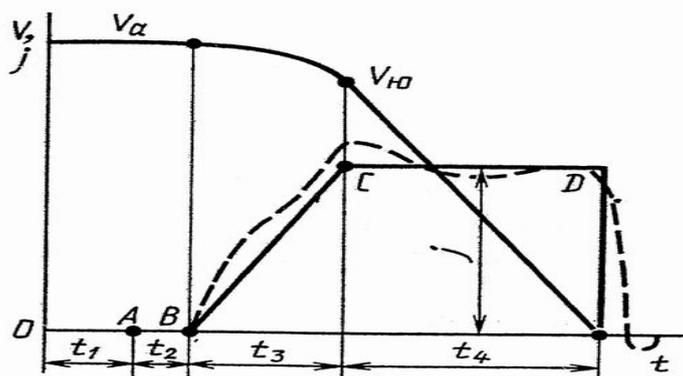


Рисунок 1 - Тормозная диаграмма транспортного средства

В начальный момент (точка 0) водитель транспортного средства, движущегося со скоростью V_a , замечает опасность. Он принимает решение о торможении, выключает сцепление и переносит ногу на педаль тормоза (участок OA). Интервал с момента появления сигнала об опасности до начала воздействия на органы управления транспортным средством называют временем реакции водителя t_1 . Время t_1 зависит от пола водителя, его возраста, квалификации, состояния здоровья и других факторов. В связи с невозможностью точного определения времени реакции водителя в опасной ситуации используют среднестатистические значения t_1 (0,8-1,4 с).

Промежуток AB от начала торможения до начала снижения скорости называют временем запаздывания тормозного привода t_2 . В течение этого времени давление от главного тормозного цилиндра (или тормозного крана) передается колесным цилиндрам (тормозным камерам) и происходит выборка зазоров в деталях тормозного привода. Время t_2 зависит главным образом от типа привода и его технического состояния. По рекомендациям ВНИИСЭ время запаздывания тормозного привода принимают для транспортных средств разных категорий равным 0,2...0,4 с.

По истечении времени $t_1 + t_2$ тормоза включены и скорость транспортного средства начинает уменьшаться. Изменение замедления транспортного средства во времени имеет сложный характер, как показано на рисунке 1 штриховой линией. Для упрощения расчетов считают, что вначале замедление растет по закону прямой – участок BC (время t_3), затем, достигнув максимума, остается постоянным (установившимся) и равным $j_{уст}$. В конце торможения (точка D) замедление мгновенно падает до нуля.

Время t_3 называют временем нарастания замедления, его обычно принимают равным $t_3 = 0,2-0,7$ с, а интервал от начала торможения до момента, в который замедление становится постоянным (сумма t_2 и t_3 , участок AC), - временем срабатывания тормозной системы.

Установившееся замедление при полном использовании сцепления всеми шинами транспортного средства определяется из выражения:

$$j_{уст} = \varphi_x \cdot g, \quad (2)$$

где φ_x – коэффициент продольного сцепления шин с дорогой.

Коэффициент φ – величина случайная. Существенное влияние на коэффициент продольного сцепления оказывают скорость движения, рисунок протектора, давление в шинах, нагрузка на колесо, режим торможения тип покрытия, температура и шероховатость. С уменьшением φ вероятность появления ТП растет. При проектировании дорог величину φ связывают с коэффициентом аварийности $K_{ав}$, представляющим собой отношение скоростей при смене условий движения. Переходу с предыдущего участка на последующий худшего

качества соответствует увеличению $K_{ав}$. Хорошей дороге ($\varphi = 0,7$) соответствует $K_{ав} = 1$. Соотношение между коэффициентами φ и $K_{ав}$, принятое для оценки дорог по безопасности движения отражено в таблице 1.

Таблица 1 - Зависимость коэффициентов сцепления и аварийности

φ	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$K_{ав}$	16	8	3	2	1,5	1,0	0,5

Зависимость $K_{ав} = f(\varphi)$ нелинейная; резкое нарастание $K_{ав}$ начинается при $\varphi > 0,4$.

Величина коэффициента сцепления определяет тормозной путь автомобиля. На рисунке 2 представлена зависимость длины тормозного пути от состояния дорожного покрытия, а на рисунке 3 зависимость относительного показателя аварийности от величины коэффициента сцепления.

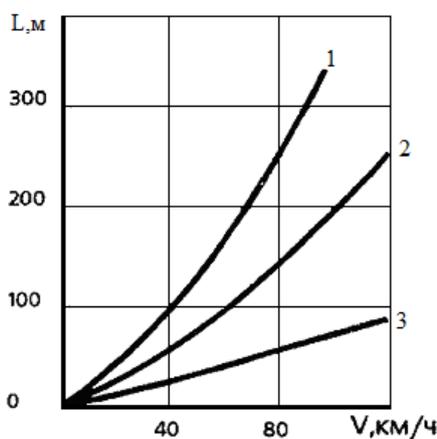


Рисунок 2 - Тормозной путь при различном состоянии дорожного покрытия
1 - сухое покрытие; 2 - грязное покрытие; 3 - обледенелое покрытие

Коэффициент сцепления φ замеряют с помощью «пятого колеса» или переносных приборов. При отсутствии экспериментальных данных значение φ выбирают в зависимости от состояния опорной поверхности. Некоторые ориентировочные значения коэффициента в зависимости от типа и состояния покрытия приведены в таблице 2.

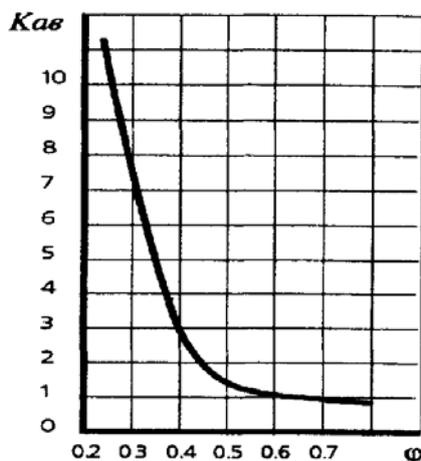


Рисунок 3 - Зависимость относительного показателя аварийности от величины коэффициента сцепления

Таблица 2 - Ориентировочные значения коэффициента сцепления φ для различных типов и состояния дорожных покрытий

Дорожное покрытие	Состояние покрытия	Коэффициент сцепления φ
Асфальтобетонное, цементобетонное, все типы усовершенствованных облегченных покрытий («черное шоссе»)	сухое чистое, мокрое чистое, мокрое грязное	0,6 - 0,8 0,35 - 0,5 0,20 - 0,45
Щебеночное, гравийное	Сухое Мокрое	0,6 - 0,7 0,3 - 0,45
Грунтовая дорога	Сухая увлажненная при распутице	0,5 - 0,6 0,2 - 0,45 0,15 - 0,30
В зимних условиях		
Асфальтобетонное (цементобетонное) покрытие с тонким слоем ледяной корки (гололед)		0,09 - 0,1
Укатанный ровный снеговой покров с обледенелой поверхностью		0,12 - 0,15
Укатанный ровный снеговой покров без ледяной корки		0,22 - 0,25
Укатанный снеговой покров с обледеневшей поверхностью после рассыпкисесо-соляной смеси (или песка) по норме 0,1 м на 1000 м дороги		0,17 - 0,19
То же по норме 0,4 м на 1000 м дороги		0,25 - 0,26

Минимально допустимое значение в эксплуатации принимается равным 0,35 - 0,4.

Чтобы учесть снижение замедления, в формулу (2) иногда вводят поправочный коэффициент (коэффициент эффективности торможения) $K_3 \geq 1$. Тогда $j_{уст.} = \varphi_x \cdot g / K_3$.

Недостаток последнего выражения состоит в том, что в него входят два произвольно выбираемых коэффициента – φ_x и K_3 . Каждый из них колеблется в широких пределах, и значения замедления, рассчитанные с учетом этих коэффициентов могут отличаться на 30-40 % от истинных, что недопустимо.

Допускается вычисление тормозного пути S_T (в метрах) для начальной скорости торможения v_0 по результатам проверок показателей замедления транспортного средства при торможении [9] по формуле:

$$S_T = \frac{v_0}{3,6} (\tau + 0,5\tau_H) + \frac{v_0^2}{26j_{уст.}}, \quad (3)$$

где v_0 - начальная скорость торможения СТМ, км/ч;

τ - время запаздывания тормозной системы, с;

τ_H - время нарастания замедления, с;

$j_{уст.}$ - установившееся замедление, м/с².

Начальная скорость торможения при проверках в дорожных условиях - 40 км/ч. Масса транспортного средства при проверках не должна превышать разрешенной максимальной.

Недостатком такого расчёта является ограниченность таких показателей транспортного средства, как скорость и масса. В реальных условиях эти показатели могут быть иными, а следовательно и тормозной путь будет не предсказуемым.

Нормативы тормозного пути S_T для торможений транспортного средства с начальной скоростью v_0 , отличной от указанной выше, допускается рассчитывать по формуле:

$$S_T = A \times v_0 \frac{v_0^2}{26j_{уст}}, \quad (4)$$

где v_0 - начальная скорость торможения АТС, км/ч;

$j_{уст}$ - установившееся замедление, м/с²;

A - коэффициент, характеризующий время срабатывания тормозной системы.

При пересчетах нормативов тормозного пути S_T следует использовать значения коэффициента A и установившегося замедления $j_{уст}$ для различных категорий транспортных средств, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 - Значения коэффициента A и установившегося замедления $j_{уст}$ для различных категорий транспортных средств

транспортные средства	Категория транспортных средств (тягач в составе автопоезда)	Исходные данные для расчета норматива тормозного пути S_T в снаряженном состоянии:	
		A	$j_{уст}$, м/с ²
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M_1	0,10	5,8
	M_2, M_3	0,10	5,0
Легковые автомобили с прицепом	M_1	0,10	5,8
Грузовые автомобили	N_1, N_2, N_3	0,15	5,0
Грузовые автомобили с прицепом (полуприцепом)	N_1, N_2, N_3	0,18	5,0

Существенным недостатком такой методики является то, что при расчётах используются усреднённые данные для расчёта норматива тормозного пути.

В реальной же ситуации эти данные могут иметь совсем иное значение, что связано с эксплуатацией конкретного транспортного средства. Всё это приводит к искажению тормозного пути, складывающегося в реальной обстановке [10, 11].

При экспериментальном способе определения тормозного пути замеры проводят при полной массе транспортного средства с учетом массы водителя на прямой, ровной, горизонтальной, сухой дороге с цементно- или асфальтобетонным покрытием, не имеющей на поверхности сыпучих материалов или масла. Шины должны быть чистыми, сухими и отвечать требованиям по предельному износу и состоянию. При проверке рабочей и запасной тормозных систем транспортное средство разгоняют до скорости 43-45 км/ч и отключают двигатель от трансмиссии. В момент, когда скорость достигает 40 км/ч (для автомобилей, автобусов, автопоездов) и 30 км/ч – (для мотоциклов), производят полное его торможение определенным усилием на педаль привода тормоза и регистрируют тормозной путь или установившееся замедление и время срабатывания.

При испытаниях путь торможения определяют с помощью обтюраторного фотоэлектрического или экранного индуктивного датчиков, устанавливаемых на пятом измерительном колесе (рис. 4) [12,13].

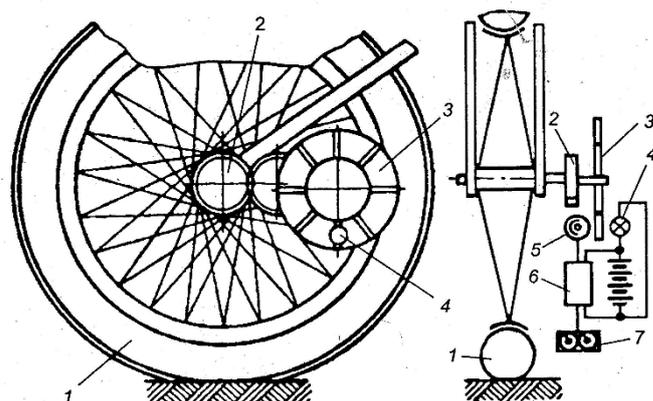


Рисунок 4 - Схема пятого колеса с фотоэлектронным измерительным устройством
1 – колесо; 2 – редуктор; 3- диск; 4 – лампа; 5 – фотодиод; 6 – регистрирующие устройства

Колесо велосипедного или мотоциклетного типа устанавливается в вилке и шарнирно соединяется с транспортным средством. Колесо 1 через редуктор 2 вращает диск 3 с отверстиями, которые пересекают луч света от лампы 4. При этом фотодиод 5 посылает импульсы на электронные регистрирующие устройства 6 и 7.

Число отверстий на диске и передаточное число редуктора выбраны так, чтобы импульсы следовали через достаточно малый промежуток времени, кратный единице пути. Данное устройство позволяет регистрировать скорость, тормозной путь и усилие, действующее на тормозную педаль. Самописцы колеса позволяют дополнительно регистрировать угловые скорости всех колес транспортного средства, по которым можно определить их проскальзывание.

При движении колеса на осциллограмме регистрируются пилообразные импульсы, максимальная амплитуда A которых пропорциональна длине окружности колеса $2\pi r_k$, а длительность t_k равна времени одного оборота.

Пример записи пути торможения показан на рисунке 5.

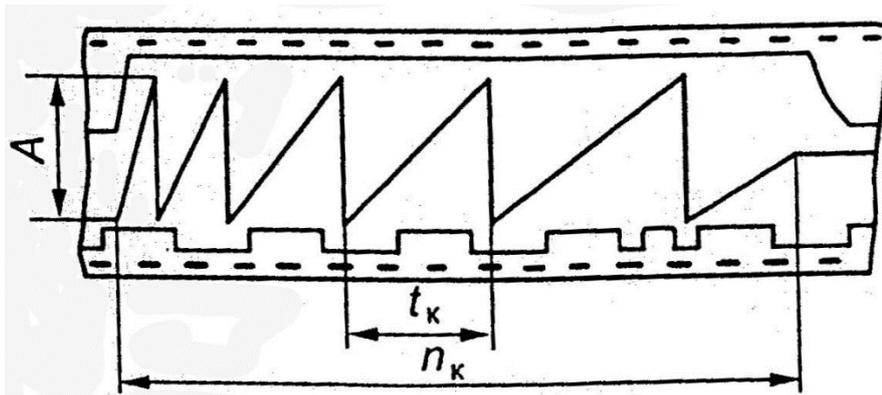


Рисунок 5 - Пример записи оборотов колеса при торможении

На осциллограмме регистрируются также метки времени сигнала от датчика сигнала торможения. При замыкании его контактов в один из регистрирующих каналов самописца подается электрический импульс, и на ленте регистрируется меандр, передний вертикальный фронт которого определяет момент нажатия на тормозную педаль. Иногда для определения замедления транспортных средств ($j_{уст}$) используют приборы – деселерографы. Например, один из разновидностей деселерографов «Мотометр» (Германия) используют так. Разгоняют

автомобиль до 40 км/ч, производят полное торможение и регистрируют $j_{уст}$, t_2 , t_3 , t_{cp} на тормозной диаграмме, т. е. получают деселерограмму и обрабатывают её.

Обычно проводят 2-3 торможения, причем в прямом и обратном направлении на одном и том же участке. По полученным данным определяют тормозной путь.

Однако расшифровка осциллограмм и деселерограмм, а также производимые вычисления, делают этот способ достаточно трудоёмким и малопродуктивным.

При проведении замеров тормозного пути вводятся ограничения как по скорости, так и по дорожным условиям, что не совсем соответствует реальным условиям эксплуатации. Следовательно величина тормозного пути при других скоростных режимах и дорожных условиях будет иной.

Проведенный анализ методов определения тормозного пути позволяет сделать вывод о том, что все существующие методы не могут отражать истинный тормозной путь транспортного средства, задействованного в производственном процессе, так как постоянно меняются дорожные покрытия и вес транспортных средств перевозящих различные грузы. Следовательно, водители транспортных средств не могут правильно выбрать безопасную дистанцию в транспортном потоке, что очень часто приводит к транспортным происшествиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах" (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 октября 2012 г. № 1995-р) // <http://base.garant.ru>.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. N 1734-р) // <http://base.garant.ru>.
3. <http://www.Gibdd.ru> (дата обращения 11.01.2015г.).
4. Баранов, Ю. Н. Повышение тормозных качеств автотранспортных средств [Текст] / Ю. Н. Баранов, Н. Е. Сакович, В. И. Самусенко, А. М. Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2014. - № 2 (42). - С. 5-8.
5. Баранов, Ю. Н. Разработка тормозного устройства для повышения тормозных качеств автотранспортных средств [Текст] / Ю. Н. Баранов, Н. Е. Сакович, В. И. Самусенко // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 3 (46). - С. 47-52.
6. Baranov Yu.N., Kozhin D.O., Evgrashin V.V., Alekminskii D.E. Optimization of traffic on an example of road system in Orel. News of science and education. NR 15 (15) 2014- S. 18-23. (ISSN 2312-2773).
7. Христофоров, Е. Н. Вероятностно - статистические методы в дорожном движении [Текст]: монография / Е. Н. Христофоров. - Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2005. - 200 с. ISBN 978-5-88517-115-7.
8. Ройтман, Б. А. и др. Безопасность автомобиля в эксплуатации [Текст] / Б. А. Ройтман, Ю. Б. Суворов, В. И. Суковичин. - М.: Транспорт, 1987. - 206 с.
9. Цимбалин, В. Б. Испытания автомобилей [Текст] / В. Б. Цимбалин и др. - М.: Транспорт, 1978. - 304 с.
10. Баранов, Ю. Н. Исследование системы «Ч-М» при формировании производственных опасностей [Текст] / Ю. Н. Баранов, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинец, П. А. Пантюхин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - № 26. - 2012. - С. 438-440.
11. Баранов, Ю. Н. Основы обеспечения безопасности в системе «человек - машина - среда» [Текст] / Ю. Н. Баранов, А. А. Катунин, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. - № 1 (19). - 2014. - С. 73-76.
12. Баранов, Ю. Н. Исследование системы «Ч-М» при формировании производственных опасностей [Текст] / Ю. Н. Баранов, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинец, П. А. Пантюхин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2012. - № 26. - С. 438-441.
13. Баранов, Ю. Н. Логико-графический анализ возникновения опасностей столкновения транспортных средств при визуальном отражении процесса их торможения [Текст] / Ю. Н. Баранов, А. Н. Загородних // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2011. - Т. 29. - № 2. - С. 70-73.

Загородних Николай Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Информационные системы»

E-mail: nick2112@mail.ru

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF ENSURING THE SAFE MOVEMENT OF VEHICLES

The article describes the methods of determining the safe distance between moving successive vehicles by determining the stopping distance of the vehicle. Considered concepts such as longitudinal coefficient of adhesion and its correlation with the emergency, as well as the influence of the road surface on the accident. Formulated the shortcomings of existing analytical and experimental methods for determining the stopping distance of the vehicle.

Keywords: safety, braking distances, safe distance, safety distance, stopping distance.

BIBLIOGRAPHY

1. Kontseptsiyafederal'noyitselevoypromy "Povysheniebezopasnostidorozhnodvizheniya v 2013 - 2020 godakh" (utv. rasporyazheniemPravitel'stva RF ot 27 oktyabrya 2012 g. № 1995-r) // <http://base.garant.ru>.
2. TransportnayastrategiyaRossiyskoyFederatsiina period do 2030 goda (utv. rasporyazheniemPravitel'stva RF ot 22 noyabrya 2008 g. N 1734-r) // <http://base.garant.ru>.
3. <http://www.Gibdd.ru> (data obrashcheniya 11.01.2015g.).
4. Baranov, YU. N. Povyshenietormoznykhkachestvavtotransportnykhsredstv [Tekst] / YU. N. Baranov, N. E. Sakovich, V. I. Samusenko, A. M. Nikitin // VestnikBryanskogogosudarstvennogotekhnicheskogouniversi-teta. - 2014. - № 2 (42). - S. 5-8.
5. Baranov, YU. N. Razrabotkatormoznogoustroystvadlyapovysheniyatormoznykhkachestvavtotransportnykhsredstv [Tekst] / YU. N. Baranov, N. E. Sakovich, V. I. Samusenko // Mir transportaitekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 3 (46). - S. 47-52.
6. Baranov Yu.N., Kozhin D.O., Evgrashin V.V., Alekminskii D.E. Optimization of traffic on an example of road system in Orel. News of science and education. NR 15 (15) 2014- S. 18-23. (ISSN 2312-2773).
7. Hristoforov, E. N. Veroyatnostno - statisticheskimetody v dorozhnomdvizhenii [Tekst]: monogra-fiya / E. N. Hristoforov. - Bryansk: Izd-vo FGBOU VPO "Bryanskaya GSHA", 2005. - 200 s. ISBN 978-5-88517-115-7.
8. Roytman, B. A. idr. Bezopasnost' avtomobilya v ekspluatatsii [Tekst] / B. A. Roytman, YU. B. Suvorov, V. I. Sukovitsin. - M.: Transport, 1987. - 206 s.
9. Tsimbalin, V. B. Ispytaniyaavtomobiley [Tekst] / V. B. Tsimbalini dr. - M.:Transport, 1978.-304 s.
10. Baranov, YU. N. Issledovaniyesistemy "CH-M" priformirovaniiproizvodstvennykhopasnostey [Tekst] / YU. N. Baranov, R. V. SHkrabak, YU. N. Braginets, P. A. Pantyukhin // Izvestiya Sankt-Peterburgskogogosudarstvennogoagrarnogouniversiteta. - № 26. - 2012. - S. 438-440.
11. Baranov, YU. N. Osnovyobespecheniyabezopasnosti v sisteme "chelovek - mashina - sreda" [Tekst] / YU. N. Baranov, A. A. Katunin, R. V. SHkrabak, YU. N. Braginets // Vestnik NTSBZHD. - № 1 (19). - 2014. - S. 73-76.
12. Baranov, YU. N. Issledovaniyesistemy "CH-M" priformirovaniiproizvodstvennykhopasnostey [Tekst] / YU. N. Baranov, R. V. SHkrabak, YU. N. Braginets, P. A. Pantyukhin // Izvestiya Sankt-Peterburgskogogosudarstvennogoagrarnogouniversiteta. - 2012. - № 26. - S. 438-441.
13. Baranov, YU. N. Logiko-graficheskii analizvozniknoveniyaopasnostey stolknoveniyatransportnykhsredstv-privizual'nomotrazhenii protsessaikhtormozheniya [Tekst] / YU. N. Baranov, A. N. Zagorodnikh // VestnikOrlovskogogosudarstvennogoagrarnogouniversiteta. - 2011. - T. 29. - № 2. - S. 70-73.

Zagorodnikh Nicholas Anatol'evich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe Highway 29

Cand. tehn. Science, Senior Lecturer, Department of "Information Systems"

E-mail: nick2112@mail.ru

Ю. ЧАРСКИЙ, В. ПУШМАН

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОТДЕЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СЕТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

В этой статье описывается теория сети общественного транспорта проектирования, объясняет и выводит отношения между отдельными параметрами сети общественного транспорта и содержит предложения новых практически применимых способов. Теоретические процедуры, указанные выше, результатом выводов, полученных давнего исследования явлений, происходящих в современных транспортных системах и путем изучения возможности применения общих правил системы общественного транспорта.

Ключевые слова: общественный транспорт; мультикритериальная оценка; ЧТУ в Праге; эксплуатационные параметры.

Роль транспорта в современной жизни населения трудно переоценить. Потребности в коммуникации, передвижение людей на всё увеличивающиеся расстояния не могут быть удовлетворены без наличия транспортной инфраструктуры и транспортных средств. Однако возрастающее значение транспорта предъявляет все больше требований к пространству, а внедряемые технологии – к охране окружающей среды.

Наиболее интенсивное транспортное движение характерно для городских и региональных агломераций, где пользование транспортом является повседневной неизбежностью для населения. Рост востребованности транспорта в городах однако часто сталкивается с ограниченными пространственными возможностями, что ограничивает пропускную способность транспортных дорог и способствует росту отрицательных экологических воздействий – выбросов, выхлопов, шума.

Решать эти проблемы можно частично с помощью общественного транспорта, более экономного в отношении требований к территории, более щадящего экологическую обстановку. Более того, не каждому потенциальному пользователю транспортом доступен индивидуальный вид транспорта - по разным причинам – мешают возраст, состояние здоровья, экономические обстоятельства. Следовательно, в целях обеспечения мобильности всех граждан необходимы услуги общественного транспорта. Идеальное и осуществимое решение представляют системы транспорта общего пользования. Ввиду того, что общественный транспорт финансируется в основном бюджетными средствами, направлено большое внимание на достижение высокой эффективности его работы, на наиболее возможное уменьшение нагрузки на бюджет. В то же время должно быть обеспечены приемлемое качество услуг, предлагаемых общественным транспортом, а также его конкурентность с индивидуальным транспортом. Только при таком условии может быть достигнута поставленная цель.

Однако, в настоящее время организация работы транспортных систем страдает отсутствием системного подхода к проектированию трасс маршрутов. Вместо математических методов проектирования сети нередко используются так наз. интуитивные решения проектировщиков или приходится уступать политическим давлениям. Не сформулированы общеобязующие правила построения транспортной сети. Разумеется, что несистемные шаги отрицательно сказываются в эффективности работы системы со всеми вытекающими экономическими последствиями.

Эффективность работы неравномерно спроектированной сети общественного транспорта (ОТ), в которой не учтены градостроительные условия обслуживаемой территории, транспортно-инженерные характеристики разных видов общественного транспорта (пропускная способность, потенциал скорости движения, расположение станций и остановок и т.д.), их взаимодействие - не будет соразмерна объёму средств, затраченных на её строительство и эксплуатацию. Для получения максимально возможной эффективности работы системы в рамках имеющихся финансовых средств необходим подход к системе как к единому целому с учётом сетевого эффекта, а также и синергического эффекта. (Сетевым эффектом подразумевается свойство системы, когда вмешательство в одной её точке может воздействовать на систему в целом, или на её существенную часть.)

Для достижения этой цели на Чешском техническом университете в Праге Факультете транспортных наук была выполнена диссертационная работа по теме „Теория трасс маршрутов общественного транспорта“, в которой даны пояснения и соответствующие выводы от-

носителем взаимоотношений между отдельными параметрами сети общественного транспорта, даны предложения по новым методам и их применению на практике. Теоретические подходы в диссертации основаны на опыте, накопленном автором в течение многолетних исследований явлений, имеющих место в современных сетях общественного транспорта, и выводах сделанных в результате изучения возможностей применения общих закономерностей в системе общественного транспорта. Отдельные частные принципы и правила подкреплены точными данными, сопоставлением аналогичных правил в других отраслях, а также богатым практическим опытом автора, накопленным в области общественного транспорта.

- содержание диссертации;
- описания и характеристики обсуждаемой территории и её компонентов;
- формулирование правил проектирования сети общественного транспорта;
- критерии выбора подходящих видов транспорта;
- выяснение роли управления спросом на перевозки;
- критерии создания трасс маршрутов;
- характеристика эксплуатационных параметров маршрутов и отношений между ними;
- предложение метода точной оценки качества предлагаемых мероприятий в транспорте.

Комплекс общих точно сформулированных правил и стандартов по организации общественного транспорта, разработанных на основании вышеописанных взаимоотношений между отдельными параметрами системы, может стать пособием, способствующим при проектировании системы не допускать ошибок, возникающих из-за сложности прослеживания сетевого эффекта в крупномасштабных системах. Следовательно, для организаторов транспортной системы комплекс может стать пособием при формировании оптимальной системы.

К числу основных параметров, которые целесообразно проследить относится коэффициент прямолинейности трасс отдельных маршрутов. Прямолинейность трассы влияет на скорость перемещения, на востребованность прямых сообщений и коэффициент заполнения маршрута. Параметр не выражен в абсолютных значениях. Это относительная величина отнесённая к другим сопоставляемым трассам и зависящая от протяжённости трассы, интервалов и координации по времени сопоставляемых альтернатив.

Непрямолинейность маршрута сильно уменьшает потенциал транзита пассажиров по рассматриваемому участку, следовательно увеличиваются колебания спроса не только на отдельные рейсы, а также на отдельные остановки на рассматриваемом участке. Это обстоятельство не позволяет определять оптимальную необходимую пассажировместимость и на данном участке происходит или переполнение или недостаточное наполнение подвижного состава. В первом случае ухудшается качество транспортного обслуживания, в другом случае неэкономно расходуются финансовые ресурсы.

Если непрямолинейность маршрутов сказывается в уменьшении удельного веса транзитных пассажиров, то следовательно в то же время увеличивается потребность пассажиров в пересадках при перемещении в сети. Изменения трасс маршрутов, отмена прямых сообщений или отмена некоторых маршрутов воспринимаются весьма недружелюбно пользователями транспортных услуг. Однако не существует прямой пропорциональности между числом маршрутов и числом прямых сообщений: при недостаточной прямолинейности трассы маршрут для транзитных передвижений будет востребован не на целом своём протяжении. Маршрут будет предлагать сообщение между остановками вдоль своей трассы без пересадок, но такое предложение не будет привлекательным в отношении времени следования пассажира в пути, станет невостребованным. В одной сети, следовательно, вариант маршрутной схемы с меньшим числом более прямолинейных маршрутов может предложить больше реальных прямых сообщений, чем вариант с большим количеством маршрутов.

В основу других правил а стандартов легли, напр., соотношения между интервалами, вместимостью подвижного состава и точностью соблюдения графика, или отношения между плотностью сети, количеством остановок и покрытием изучаемой территории. Они были разработаны после сформулирования понятий и математического описания взаимоотношений между отдельными эксплуатационными параметрами.

Все вышеописанные правила и стандарты образуют комплекс критериев, по которым

можно не только проектировать более эффективные системы общественного транспорта, но и с помощью математических формул выполнять мультикритериальные оценки качества предложенных мероприятий, принимаемых в транспортной системе. Предметом оценки является степень удовлетворения назначенных стандартов. Таким образом можно сопоставлять несколько альтернативных предложений и находить наиболее выгодный вариант решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пушман, В. Оптимизация системы организации общественного транспорта [Текст]: дис. ... канд. техн. Наук / Владимир Пушман. - Прага: Чешский технический университет в Праге Факультет транспортных наук, 2013.
2. «ROPID» (Региональный Организатор Пражского Интегрированного Транспорта). Исследования перевозки линий Пражского Интегрированного Транспорта. – Прага, 2004–2012.
3. «ROPID» (Региональный Организатор Пражского Интегрированного Транспорта). Предложение линий Пражского Интегрированного Транспорта. – Прага, 1993–2014.

Чарский Юрий

Чешский технический университет в Праге, Факультет транспортных наук
Адрес: ул. Конвиктска 20, Прага 1, 110 00, Чешская республика
Д-р техн. наук, доцент, инженер, заместитель декана по образованию и учебной работе
E-mail: carsky@fd.cvut.cz

Пушман Владимир

Чешский технический университет в Праге, Факультет транспортных наук
Адрес: ул. Конвиктска 20, Прага 1, 110 00, Чешская республика
Д-р техн. наук, инженер
E-mail: pusmanv@gmail.com

J. ČARSKÝ, V. PUŠMAN

RELATIONS AMONG PARTICULAR PARAMETRES IN PUBLIC TRANSPORT SYSTEM

This article describes the theory of public transport network designing, explains and deduces the relations among particular public transport network parameters and contains proposals of new methods practically applicable. Theoretical procedures mentioned above result from findings gained by longtime investigation of phenomena occurring in contemporary transport systems and by exploring application possibilities of general rules for public transport system.

Keywords: public mass transport; multicriteria evaluation; Czech Technical University in Prague; operational parameters.

BIBLIOGRAPHY

1. Pušman Vladimír: Optimization of the organization of the public mass transport. Dissertation. Prague: Czech Technical University Faculty of Transportation Sciences. 2013
2. ROPID (Regional Organizer of Prague Integrated Transport). Transportation survey of lines of Prague Integrated Transport. Praha 2004 – 2012
3. ROPID (Regional Organizer of Prague Integrated Transport). The proposal of lines of Prague Integrated Transport. Praha 1993 – 2014

Čarský Jiří

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences
Address: Konviktská 20, Praha 1, CZ – 110 00, Czech republic
Assoc. Prof. MSc PhD, Vice-Dean for Education
E-mail: carsky@fd.cvut.cz

Pušman Vladimír

Praha (Prague), Czech Republic
Na Mlejнку 10, Praha 4, CZ – 147 00, CZECH REPUBLIC
MSc PhD
E-mail: pusmanv@gmail.com

УДК 656.13

А. Н. НОВИКОВ, А. В. КУЛЕВ, М. В. КУЛЕВ, Н. С. КУЛЕВА

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье рассматривается методика организации маршрутной транспортной сети пассажирского транспорта общего пользования, за счет сокращения затрат времени, затрачиваемого пассажирами на передвижение, пересадку, ожидание транспортного средства. Данная методика позволила оптимизировать маршрутную сеть городского общественного транспорта г. Орла.

Ключевые слова: маршрутная транспортная сеть, маршрут, остановочный пункт, маршрутное транспортное средство, пассажир.

В настоящее время в большинстве российских городов существует тенденция роста числа индивидуальных транспортных средств (ТС) у населения, что в свою очередь, ведет к перегрузке улично-дорожной сети (УДС) города, ухудшению экологической обстановки, повышению аварийности. В данной ситуации выход видится в повышении привлекательности использования городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП).

Проблемами организации сети ГПТОП посвящены труды многих ученых: В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, М.Е. Антошвили, И.В. Спириин, Б.Л. Геронимус, Новиков А.Н., В.А. Корчагин и др. Наибольшее распространение получила оптимизация маршрутной сети ГПТОП по критерию времени, затрачиваемого пассажирами на передвижение (рис. 1).

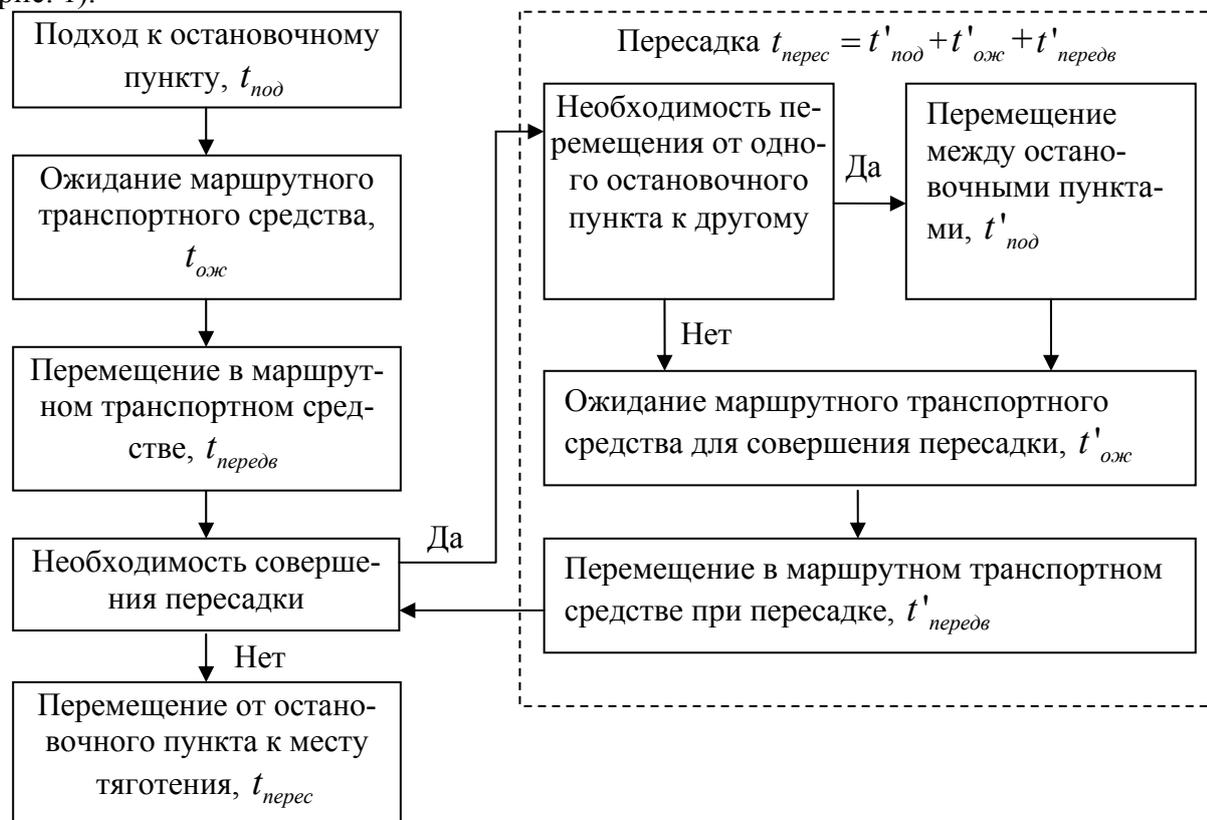


Рисунок 1 – Технологическая схема передвижения пассажиров при использовании городского пассажирского транспорта общего пользования

Время на передвижение пассажира, в общем случае, можно определить по формуле:

$$t_{нас} = t_{под} + t_{ож} + t_{передв} + t_{перес} + t_{от}, \quad (1)$$

где $t_{под}$ - время, затрачиваемое пассажиром на перемещение к остановочному пункту (ОП) пешим ходом, ч.;

$t_{ож}$ - время, затрачиваемое пассажиром, находящимся на ОП, на ожидание появления маршрутного транспортного средства (МТС), ч.;

$t_{передв}$ - время, затрачиваемое пассажиром на перемещение внутри МТС до необходимого пункта следования, ч.;

$t_{от}$ - время, затрачиваемое пассажиром на перемещение пешим ходом от ОП до места тяготения, ч.

$t_{перес}$ - время, затрачиваемое пассажиром на совершение пересадки в другое МТС, ч.

Время пересадки может включать в себя время на перемещение от одного ОП к другому (в случае необходимости), время на ожидание нужного МТС и время, затрачиваемое на передвижение в МТС. При отсутствии необходимости в совершении пересадки $t_{перес} = 0$. Время, затрачиваемое на пересадку, можно определить по формуле [1]:

$$t_{перес} = t'_{под} + t'_{ож} + t'_{передв}, \quad (2)$$

где $t'_{под}$ - время, затрачиваемое пассажиром на перемещение пешим ходом между ОП в случае необходимости совершения пересадки с одного МТС на другое, ч.;

$t'_{ож}$ - время, затрачиваемое пассажиром на ожидание МТС для совершения пересадки, ч.;

$t'_{передв}$ - время, затрачиваемое пассажиром на перемещение в МТС при пересадке, ч.

В формуле (1) не производится учет времени на посадку и высадку пассажиров из ТС, т.к. его величина, как правило, значительно меньше прочих затрат времени.

Исходя из всего выше сказанного, целевую функцию для определения рациональной маршрутной транспортной сети ГПТОП можно представить в следующей форме:

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (t_{передв_{ij}} + t'_{передв_{ij}}) \Pi_{ij} + \sum_{k=1}^K (t_{ож_k} + t'_{ож_k}) \Pi_k + \sum_{i_1=1}^{m_1} \sum_{i_2=1}^{m_1} (t'_{под_{i_1 i_2}} \Pi_{i_1 i_2} + \Pi_{i_1} t_{под_{i_1}} + \Pi_{i_2} t_{от_{i_2}}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $i=1, 2, \dots, m$ – порядковые номера микрорайонов начала передвижения пассажиров;

$j=1, 2, \dots, m$ – порядковые номера микрорайонов окончания передвижения пассажиров;

$k=1, 2, \dots, K$ – маршруты ГПТОП;

$i_1=1, 2, \dots, m_1$ – порядковые номера ОП начала передвижения;

$i_2=1, 2, \dots, m_1$ – порядковые номера ОП окончания передвижения;

Π_{ij} - количество пассажиров, совершивших передвижения между микрорайонами i и j ;

Π_k - количество пассажиров, воспользовавшихся k -ым маршрутом ГПТОП;

Π_{i_1} - количество пассажиров, начавших передвижение от i_1 -го ОП;

Π_{i_2} - количество пассажиров, закончивших передвижение в i_2 -ом ОП;

$\Pi_{i_1 i_2}$ - количество пассажиров, осуществивших пеший переход для пересадки из i_1 -го в i_2 -ый ОП.

Процесс проектирования маршрутной сети ГПТОП характеризуется тем, что оптимальный вариант, в большинстве случаев, находится на стыке интересов трех подсистем: «город», «пассажир», «перевозчик» (рис. 2).

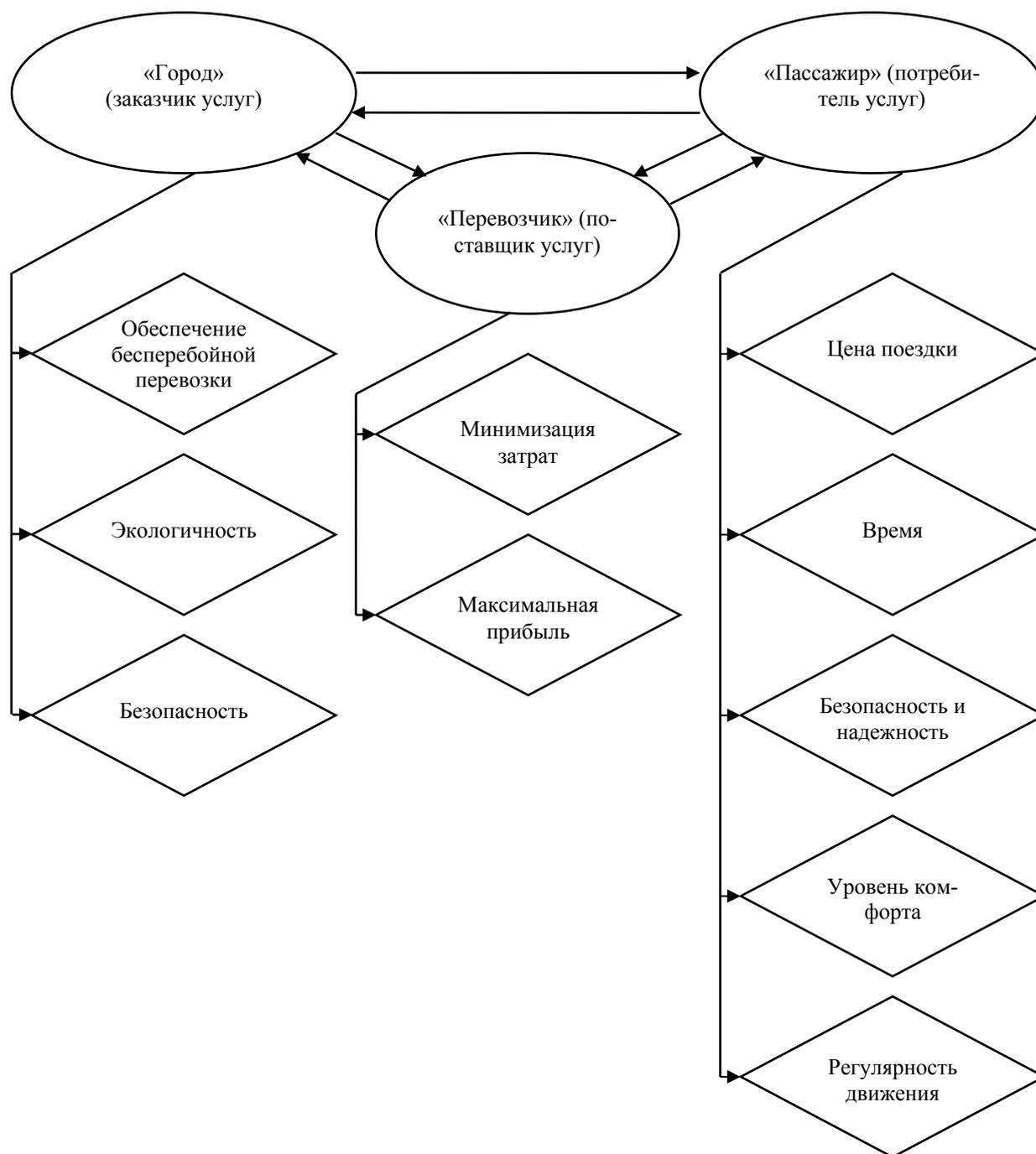


Рисунок 2 – Взаимодействие элементов системы городского пассажирского транспорта

Подсистема «город», как правило, представлена в виде администрации муниципального образования. Для администрации города основными критериями, предъявляемыми к маршрутной транспортной сети, можно отнести: обеспечение бесперебойной перевозки населения от центров зарождения пассажиропотока к центру его погашения; экологический ущерб, наносимый автотранспортом; безопасность транспортного процесса.

Для перевозчиков процесс перевозки пассажиров является источником дохода, поэтому основным для них является максимально увеличить прибыль, получаемую в процессе обслуживания маршрута, и сократить эксплуатационные расходы.

Пассажиров же интересуют стоимость и время поездки, уровень комфорта, регулярность движения маршрутных транспортных средств, а так же безопасность и надежность.

Для решения задачи оптимизации маршрутной транспортной сети ГПТОП необходимо собрать следующую исходную информацию:

1. Расстояния между ОП города. Каждый ОП закрепляется за конкретным микрорайоном. На данном этапе необходимо сформировать перечень остановочных пунктов, которые не могут быть использованы в качестве конечных остановочных пунктов для маршрутов;

2. Размеры пассажиропотоков между каждой парой микрорайонов. Данные величины могут быть получены в результате обследования пассажиропотоков на маршрутной транспортной сети города. При использовании анкетного способа обследования, можно получить корреспонденции пассажиров как льготных категорий граждан, так и не льготных, что позволит в дальнейшем рационально распределить маршруты с учетом действующих на них льгот;

3. Подвижной состав. Основными параметрами здесь является: количество единиц транспортных средств, вместимость, наполняемость, обеспечивающая пассажирам приемлемый уровень комфорта;

4. Время, затрачиваемое пассажиром на: подход к остановочному пункту, перемещение пешим ходом между остановочными пунктами, в случае необходимости совершения пересадки, время, затрачиваемое на путь от остановочного пункта до места назначения.

В виду всего выше изложенного, с целью удовлетворения требований всех участников процесса и уменьшения количества оцениваемых вариантов схем маршрутной транспортной сети формируется перечень ограничений. К основным из них следует отнести:

1. Протяженность k -ого маршрута не должна выходить за пределы максимально и минимально допустимых значений $L_{k \min}$ и $L_{k \max}$, соответственно. Длину k -ого маршрута можно определить как сумму длин перегонов между остановочными пунктами.

$$L_{k \min} \leq L_k \leq L_{k \max}, \quad (4)$$

где $L_{k \min}$ - максимально допустимое значение протяженности маршрута, км;

$L_{k \max}$ - минимально допустимое значение протяженности маршрута, км;

L_k - протяженность k -ого маршрута, км. Протяженность k -ого маршрута состоит из протяженностей перегонов между всеми остановочными пунктами данного маршрута и определяется по формуле:

$$L_k = \sum_{i_k \in M_k} L_{i_k}, \quad (5)$$

где M_k - множество перегонов между всеми остановочными пунктами, принадлежащих k -ому маршруту;

i_k - порядковые номера перегонов между остановочными пунктами, принадлежащих k -ому маршруту, $i_k \in M_k$;

L_{i_k} - протяженность i -ого перегона k -ого маршрута, км.

2. Интервалы движения I_k на каждом маршруте не должны выходить за пределы максимально и минимально допустимых значений $I_{k \min}$ и $I_{k \max}$, соответственно.

$$I_{k \min} \leq I_k \leq I_{k \max}. \quad (6)$$

3. Коэффициент наполнения МТС должен находиться в пределах максимально и минимально допустимых значений $\eta_{k \min}$ и $\eta_{k \max}$, соответственно. Данный коэффициент, с од-

ной стороны, оказывает влияние на уровень комфорта пассажиров, с другой – на прибыль перевозчика.

$$\eta_{k \min} \leq \eta_k \leq \eta_{k \max} \quad (7)$$

4. Доход от работы подвижного состава на маршруте должна быть больше затрат перевозчика на обслуживание данного маршрута. Для подвижного состава, не предоставляющего льготы на проезд:

$$\mathcal{E}_{3.K} \leq P_K, \quad (8)$$

где P_K - доход, получаемый перевозчиком от обслуживания k -ого маршрута, руб.;

$\mathcal{E}_{3.K}$ - эксплуатационные затраты на обслуживание k -ого маршрута, руб.

Для подвижного состава, предоставляющего льготы на проезд:

$$\mathcal{E}_{3.K} \leq P_K + M, \quad (9)$$

где M – субсидии, предоставляемые перевозчику, руб.

На основании методики была оптимизирована маршрутная сеть ГПТОП в г. Орле. Исходными данными послужили результаты обследования пассажиропотоков:

1. Сплошное обследование пассажиропотоков на городском общественном транспорте в г. Орле, выполненное в апреле – мае 2011 г. [6].

2. Выборочное обследование пассажиропотоков на сезонных маршрутах для проезда жителей г. Орла к садово-дачным массивам, проведенное в августе – сентябре 2013 г [4].

3. Выборочное обследование пассажиропотоков микрорайонов «Выгонка» и «Новая Ботаника», проведенное в апреле – мае 2013 г. [5].

В результате оптимизации маршрутной сети общественного транспорта число автобусных маршрутов уменьшилось на 4 ед., число трамвайных и троллейбусных маршрутов осталось неизменным. Уменьшилось количество подвижного состава, за счет замены транспортных средств особо малого класса вместимости на транспортные средства малого и среднего класса (рис. 3).

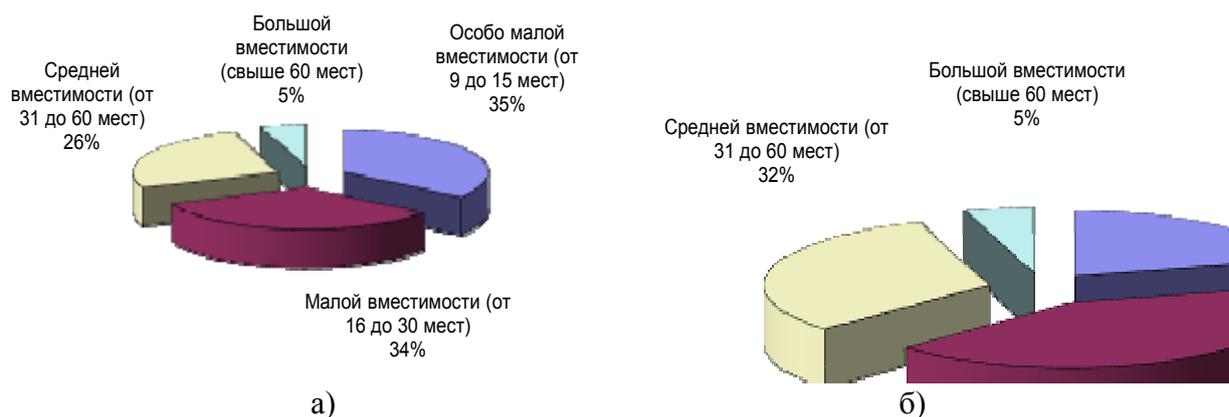


Рисунок 3 - Процентное соотношение количества маршрутных транспортных средств различных категорий вместимости:

а) до оптимизации; б) после оптимизации

Изменения коснулись и льготных категорий граждан - увеличено количество социально-значимых маршрутов (предоставляющих льготное право на проезд) с 30 маршрутов до 36. Изменение маршрутов, предоставляющих льготное право проезда, основывалось на ре-

зультатах анкетного обследования пассажиропотоков, путем определения межрайонных корреспонденций различных категорий льготных граждан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудков, В. А. Пассажирские автомобильные перевозки [Текст] / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев; Под ред. В. А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
2. Антошвили, М. Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ [Текст] / М. Е. Антошвили, Г. А. Варелопуло, М. В. Хрущев. – М.: Транспорт, 1974. – 104 с.
3. Геронимус, Б. Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте [Текст] / Б. Л. Геронимус. – М.: Транспорт, 1982. – 192 с.
4. Новиков, А. Н. Обследование пассажиропотоков на сезонных маршрутах города Орла [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, М. В. Кулев, А. В. Кулев, М. М. Савин // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - № 4 (43). – С. 77-85.
5. Новиков, А. Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - № 4 (39). – С. 69-74.
6. Новиков, А. Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А. Н. Новиков, С. Ю. Радченко, А. Л. Севостьянов, А. С. Бодров, А. А. Катунин и др. // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. - №4 (35). – С. 69-77.
7. Голенков, В. А. Подготовка кадров для инновационного развития транспортного комплекса [Текст] / В. А. Голенков, А. Н. Новиков, А. А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - № 3 (42). – С. 100-106.
8. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года / Москва, 2012. - с. 300.
9. Новиков, А. Н. Выбор факторов определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом [Текст] / А. Н. Новиков, А. С. Бодров, Д. О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации. - 2009. - № 8 (170).
10. Новиков, А. Н. Комплексная оценка уровня качества услуг предприятий автосервиса [Текст]: монография / А. Н. Новиков, Д. О. Ломакин. - Орел, 2011.
11. Новиков, А. Н. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - №1 (40). – С. 85-90.
12. Голенков, В. А. Комплексное обследование улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) [Текст] / В. А. Голенков, А. Н. Новиков, Ю. Н. Баранов, А. А. Катунин, Д. Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. - №1 (44). – С. 90-98.
13. Новиков, А. Н. Модернизация улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) [Текст] / А.Н. Новиков [и др.] // Мир транспорта и технологических машин». - №2 (45). - 2014. - С. 83-97.
14. Методологические рекомендации по проведению обследования по определению степени использования общественного транспорта различными категориями граждан (транспортной подвижности граждан). – Письмо Госкомстата ОР-09-23/692 от 14.02.2002.
15. Основы обеспечения безопасности в системе «человек - машина - среда» [Текст] / Ю. Н. Баранов [и др.] // Вестник НЦБЖД. - 2014. - № 1 (19). - С. 73-76.
16. Обследование пассажиропотока на автотранспорте общего пользования в городе Орле, оценка перспектив развития маршрутной сети на 2011 г. и плановый до 2015 гг., анализ эффективности работы и взаимодействия различных видов транспорта общего пользования: Отчет о НИР (заключительный); «ФГБОУ ВПО Госуниверситет-УНПК»; Руководитель А. Н. Новиков; А. Л. Севостьянов, А. П. Трясцин, А. А. Катунин, А. С. Бодров и др. - ГР № 01201257245; Инв. № 7996. - Орел, 2011. - 62 с.
17. Определение степени использования общественного транспорта различными категориями граждан в городе Орле (транспортной подвижности граждан) [Текст]: Статистический сборник. «Транспорт в Орловской области (2000, 2005 – 2010 гг.)» № 2104. 2011 г.; А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, М. В. Кулев и др. – Орел, 2011. - 92 с.
18. Фаттахова, А. Ф. Комплексная методика совершенствования транспортного обслуживания садоводческих маршрутов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. / Фаттахова Альмира Файзуллоевна. – Оренбург, 2012. - 16 с.
19. Ларин, О. Н. Организация пассажирских перевозок [Текст]: учебное пособие / О. Н. Ларин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
20. Новиков, А. Н. Построение модели функционирования маршрута троллейбуса [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - № 4 (39). – С. 80-87.

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

Кулев Андрей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Ассистент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

Кулев Максим Владимирович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

Кулева Наталья Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Магистр

E-mail: srmostu@mail.ru

A. N. NOVIKOV, A. V. KULEV, M. V. KULEV, N. S. KULEVA

THE METHOD OF ORGANIZATION OF A ROUTE NETWORK OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

The article considers the method of organization of public transport network public transport use, by reducing the time spent by passengers in movement, transfer to the waiting vehicle. This technique allowed us to optimize the route network of public transport, the eagle.

Keywords: public transport network, route, stopping point, route the vehicle, the passenger.

BIBLIOGRAPHY

1. Gudkov, V. A. Passazhirskie avtomobil'nye perevozki [Tekst] / V. A. Gudkov, L. B. Mirotin, A. V. Vel'mozhin, S. A. Shiryaev; Pod red. V. A. Gudkova. - M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2006. - 448 s.
2. Antoshvili, M. E. Organizatsiya gorodskikh avtobusnykh perevozk s primeneniem matematicheskikh metodov i EVM [Tekst] / M. E. Antoshvili, G. A. Varelopulo, M. V. Hrushchev. - M.: Transport, 1974. - 104 s.
3. Geronimus, B. L. Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii na avtomobil'nom transporte [Tekst] / B. L. Geronimus. - M.: Transport, 1982. - 192 s.
4. Novikov, A. N. Obsledovanie passazhiropotokov na sezonnykh marshrutakh goroda Orla [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, M. V. Kulev, A. V. Kulev, M. M. Savin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 4 (43). - S. 77-85.
5. Novikov, A. N. Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 69-74.
6. Novikov, A. N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A. N. Novikov, S. YU. Radchenko, A. L. Sevost'yanov, A. S. Bodrov, A. A. Katunin i dr. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - №4 (35). - S. 69-77.
7. Golenkov, V. A. Podgotovka kadrov dlya innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa [Tekst] / V. A. Golenkov, A. N. Novikov, A. A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 3 (42). - S. 100-106.
8. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda / Moskva, 2012. - s. 300.
9. Novikov, A. N. Vybor faktorov opredelyayushchikh kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-tselevym metodom [Tekst] / A. N. Novikov, A. S. Bodrov, D. O. Lomakin // Byulleten' transportnoy informatsii. - 2009. - № 8 (170).

10. Novikov, A. N. Kompleksnaya otsenka urovnya kachestva uslug predpriyatiy avtoservisa [Tekst]: monografiya / A. N. Novikov, D. O. Lomakin. - Orel, 2011.
11. Novikov, A. N. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №1 (40). - S. 85-90.
12. Golenkov, V. A. Kompleksnoe obsledovanie ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Naugorskogo shosse) [Tekst] / V. A. Golenkov, A. N. Novikov, YU. N. Baranov, A. A. Katunin, D. D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - №1 (44). - S. 90-98.
13. Novikov, A. N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Naugorskogo shosse) [Tekst] / A.N. Novikov [i dr.] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin". - №2 (45). - 2014. - S. 83-97.
14. Metodologicheskie rekomendatsii po provedeniyu obsledovaniya po opredeleniyu stepeni ispol'zovaniya obshchestvennogo transporta razlichnymi kategoriyami grazhdan (transportnoy podvizhnosti grazhdan). - Pis'mo Goskomstata OR-09-23/692 ot 14.02.2002.
15. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme "chelovek - mashina - sreda" [Tekst] / YU. N. Baranov [i dr.] // Vestnik NTSBZHD. - 2014. - № 1 (19). - S. 73-76.
16. Obsledovanie passazhiropotoka na avtotransporte obshchego pol'zovaniya v gorode Orle, otsenka perspektiv razvitiya marshrutnoy seti na 2011 g. i planovyy do 2015 gg., analiz effektivnosti raboty i vzai-modeystviya razlichnykh vidov transporta obshchego pol'zovaniya: Otchet o NIR (zaklyuchitel'nyy); "FGBOU VPO Gosuniversitet-UNPK"; Rukovoditel' A. N. Novikov; A. L. Sevost'yanov, A. P. Tryastsin, A. A. Katunin, A. S. Bodrov i dr. - GR № 01201257245; Inv. № 7996. - Orel, 2011. - 62 s.
17. Opredelenie stepeni ispol'zovaniya obshchestvennogo transporta razlichnymi kategoriyami grazhdan v gorode Orle (transportnoy podvizhnosti grazhdan) [Tekst]: Statisticheskiy sbornik. "Transport v Orlov-skoy oblasti (2000, 2005 - 2010 gg.)" № 2104. 2011 g.; A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, M. V. Kulev i dr. - Orel, 2011. - 92 s.
18. Fattakhova, A. F. Kompleksnaya metodika sovershenstvovaniya transportnogo obsluzhivaniya sadovodcheskikh marshrutov [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.10. / Fattakhova Al'mira Fayzullova. - Orenburg, 2012. - 16 c.
19. Larin, O. N. Organizatsiya passazhirskikh perevozok [Tekst]: uchebnoe posobie / O. N. Larin. - Chelyabinsk: Izd-vo YUUrGU, 2005. - 104 s.
20. Novikov, A. N. Postroenie modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 80-87.

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: 302030, Russia, g. Orel, Moscows Street, 77

Dr. tech. , Professor, Head of the Department of service and repair of machinery

E-mail: srmostu@mail.ru

Kulev Andrei Vladimirovich

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: 302030, Russia, g. Orel, Moscows Street, 77

Assistant of service and repair of machinery

E-mail: srmostu@mail.ru

Kulev Maxim Vladimirovich

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: 302030, Russia, g. Orel, Moscows Street, 77

Cand. tech. sciences, senior lecturer of service and repair of machinery

E-mail: srmostu@mail.ru

Kuleva Natalya Sergeevna

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: 302030, Russia, g. Orel, Moscows Street, 77

Master degree

E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 629.077

Н. В. ПОДОПРИГОРА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЕ ДТП

Статья посвящена исследованию дополнительных факторов, влияющих на время срабатывания тормозной системы и обоснованию их учета при расследовании ДТП. Цель работы - внесение дополнения в существующую методику вычисления остановочного пути коэффициентов, корректирующих время срабатывания тормозного привода. Экспериментально установлены закономерности влияния таких эксплуатационных факторов, как износ фрикционных накладок (B), величина усилия на педали тормоза (P) и величина тормозного усилия на передней и задней осях (F) на время срабатывания тормозной системы с гидроприводом. Выведены и обоснованы коэффициенты (K_1, K_2, K_3), способствующие более точно определить эффективность торможения и сделать более объективное заключение о технической возможности или невозможности предотвращения ДТП.

Ключевые слова: время срабатывания тормозной системы, техническое состояние тормозной системы, торможение, эффективность торможения, тормозные испытания, усилие на органе управления.

Приоритетной целью каждого расследуемого ДТП является установление его истинной причины, а также обеспечение высокого уровня объективности вывода судебного автотехнического эксперта. Статистика показывает, что большинство ДТП так или иначе связаны с процессом торможения, т.е. с технической возможностью водителя предотвратить ДТП. Изучение этого вопроса показало, что действующая процедура реконструкции таких ДТП обладает рядом недостатков. Например, используемая на сегодняшний день при реконструкции ДТП методика оценки эффективности срабатывания тормозных систем транспортных средств (ТС), оснащенных гидравлическим приводом тормозов, разработана больше тридцати лет назад и ориентирована на отечественные автомобили, произведенные в 70-80е годы прошлого столетия. Несовершенство ее, в применении к современным автотранспортным средствам (АТС) проявляется в достаточно высокой погрешности при вычислении скорости движения, времени и пути торможения ТС. Связано это, в первую очередь, с тем, что действующей методикой не предусмотрен учет целого ряда эксплуатационных факторов, влияющих на эффективность срабатывания тормозных систем, которые могут повлиять на итоговое заключение эксперта о возможности водителя предотвратить ДТП при управлении современным АТС, обладающим высокой энерговооруженностью и скоростными возможностями.

Проведенный анализ традиционной тормозной диаграммы с позиции корректности определения временных интервалов t_1, t_2, t_3, t_4 , формирующих общее время срабатывания тормозной системы, показал, что значения интервалов t_3 – время нарастания замедления до максимального и t_4 – время торможения с установившимся замедлением могут подвергаться варьированию в зависимости от таких эксплуатационных факторов, как: величина тормозного усилия на органе управления тормозной системы и отдельно на каждом из колес; износ рабочих элементов тормозной системы; состояние тормозного управления на момент пробега, при котором производилась последняя замена деталей и расходных материалов тормозной системы; качество используемых расходных материалов и комплектующих; своевременность и качество технического обслуживания (ТО). Существующая методика расчета тор-

возможного пути эти факторы, влияющие на время срабатывания тормозной системы, считает малозначимыми. Стоит заметить, что даже десятые и сотые доли секунды могут решить судьбы и жизни людей, в том числе и водителей с точки зрения технической возможности предотвращения ДТП.

В связи с этим представляется целесообразным в ходе расследования ДТП, при определении скорости движения ТС, времени и пути торможения учитывать перечисленные эксплуатационные факторы, влияющие на техническое состояние тормозной системы.

Проведенный анализ основных расчетных зависимостей для определения скорости движения ТС (V_a), времени (t) и пути торможения (S_o), традиционно применяемых при реконструкции ДТП, показал, что в них не учитывается ряд эксплуатационных факторов, определяющих на момент ДТП фактическое техническое состояние тормозной системы ТС, с дисковыми тормозами и гидравлическим приводом, влияющих на ее время срабатывания, а именно: величина тормозного усилия на органе управления тормозной системой и отдельно на каждом колесе; износ рабочих элементов тормозной системы; состояния тормозного управления на момент пробега, при котором производилась последняя замена деталей и расходных материалов тормозной системы; качество используемых расходных материалов и комплектующих; своевременность и уровень технического обслуживания (ТО).

В ходе проведения экспериментальных исследований было оценено влияние указанных выше эксплуатационных факторов на время нарастания замедления (t_3) до максимального и время торможения с установившимся замедлением (t_4), установлена целесообразность учета в расчетных зависимостях величины и характера изменения износа фрикционных накладок (B), усилия на педали тормоза (P), тормозного усилия (F) на колесах передней и задней осей в зависимости от фактического пробега ТС на момент ДТП. Однако, теоретическое описание влияния указанных факторов представляется проблематичным. В этой связи в методику вычисления времени срабатывания тормозной системы предложено внести экспериментальные корректирующие коэффициенты: K_1 – корректирующий время нарастания замедления t_3 до максимального; K_2 – корректирующий как t_3 , так и время торможения с установившимся замедлением t_4 ; K_3 – корректирующий t_4 .

В этом случае, расчетные зависимости для вычисления тормозных параметров при реконструкции и экспертизах ДТП, позволяющие определять S_o , V_a , D_6 принимают вид:

- остановочный путь для ТС, оснащенных ABS, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,375 \cdot K_1 \{t_{ном} - t_2 - t_p\})V_a + \frac{V_a^2}{1,5 \cdot \phi \cdot g}, \quad (1)$$

- остановочный путь для ТС, не оснащенных ABS, м:

$$S_o = (t_1 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_1 \cdot K_2) \frac{V_a}{3,6} + \frac{t_2 \cdot V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot J_H \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3}, \quad (2)$$

при $\phi g > a$:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot K_1 \cdot K_2 \{t_{ном} - t_2 - t_p\})V_a + \frac{V_a^2 \cdot M_H}{2a \cdot M_c}, \quad (3)$$

при $\phi g < a$:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot K_1 \cdot K_2 \{t_{ном} - t_2 - t_p\})V_a + \frac{V_a^2}{2 \cdot \phi \cdot g}, \quad (4)$$

- скорость автомобиля перед торможением с учетом юза, км/ч:

$$V_a = 1,8 \cdot J_H \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot t_3 \cdot K_1 \cdot K_2 + \sqrt{26 \cdot J_H \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot S_o}, \quad (5)$$

- необходимое расстояние между задним и передним автомобилем в момент торможения переднего для избегания наезда, м:

$$D_6 = (t_1 + t_2 + 0.5 \cdot t_3 \cdot K_1 \cdot K_2) \frac{V_2}{3.6} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{26 \cdot J_n \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3}, \quad (6)$$

где ψ_1, ψ_2, ψ_3 – коэффициенты замедления, учитывающие марку ТС, дорожные условия и степень загрузки автомобиля;

M_n – действительная масса ТС в момент ДТП;

M_c – масса снаряженного ТС;

$t_{ном}$ – установленное техническим регламентом максимально допустимое время срабатывания тормозного механизма;

t_p – время (пороговое) нарастания замедления (до вступления в силу технического регламента $t_p=0,5$ с.);

φ – коэффициент сцепления колеса с дорогой;

a – предельно допустимая величина тормозного ускорения;

K_1 – коэффициент, корректирующий время нарастания замедления t_3 до максимального;

K_2 – коэффициент, корректирующий как t_3 , так и время торможения с установившимся замедлением t_4 ;

K_3 – коэффициент, корректирующий t_4 , где: t_4 – время торможения с установившимся замедлением, с:

$$t_4 = K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{V_a - 1,8 \cdot J_n \cdot t_3}{3,6 \cdot J_n}. \quad (7)$$

Для подтверждения влияния износа фрикционных накладок (B), усилия на педали тормоза (P), тормозного усилия (F) на колесах передней и задней осей на время срабатывания тормозной системы ($t_{ср}$) и в интересах уточнения расчетных зависимостей, применяемых при реконструкции и экспертизах ДТП, разработана методика экспериментальных исследований, которые проводились на производственной базе дилеров Fiat, Ssang Yong, Uaz. Алгоритм проведения экспериментальных исследований представлен на рисунке 1.

Результаты по автомобилю Fiat Ducato представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений Fiat Ducato

Измеряемые параметры	Значения параметров при пробеге (тыс.км):						
	0	5	10	15	20	25	30
Толщина фрикционных накладок, мм	10	9	8,5	8	8	7,5	6,5
Время срабатывания тормозной системы при фактической толщине фрикционных накладок, с	0,54	0,56	0,67	0,65	0,74	0,73	0,78
Усилие на педали тормоза при торможении на оси, Н:							
передней	55	102	129	132	147	153	186
задней	135	204	219	242	257	263	298
Тормозное усилие на переднем колесе, кН:							
левом	4,68	4,51	4,48	4,41	4,35	4,31	3,98
правом	4,81	4,67	4,61	4,59	4,42	4,43	3,95
Тормозное усилие на заднем колесе, кН:							
левом	2,79	2,81	2,74	2,52	2,54	2,34	2,25
правом	2,78	2,69	2,67	2,58	2,59	2,36	2,29

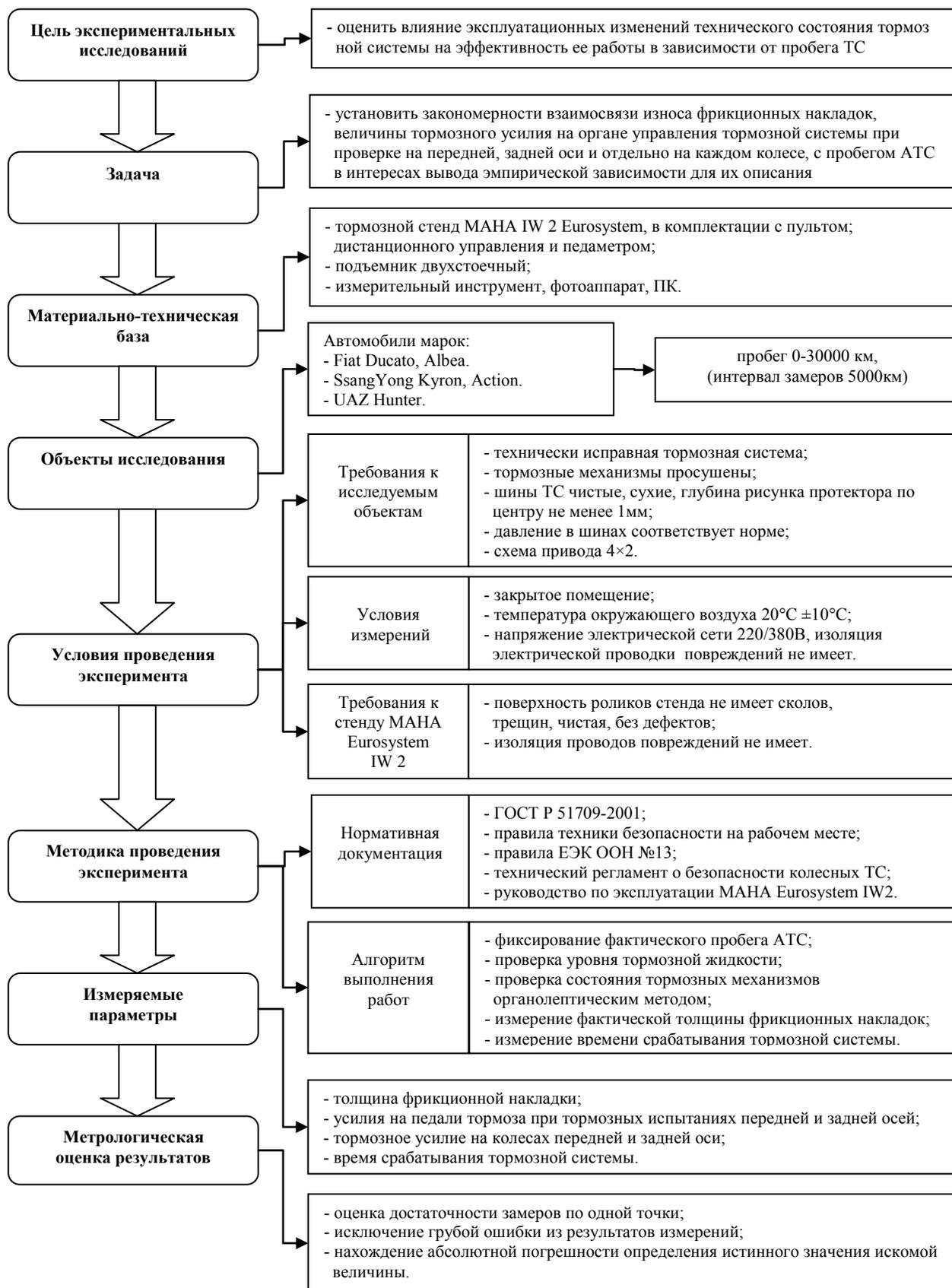


Рисунок 1 – Структурный подход к проведению экспериментальных исследований

На основании экспериментальных данных по каждому исследуемому ТС построены зависимости контролируемых параметров от фактического пробега ТС. На рисунках 2, 3, в качестве примера, приведены некоторые из полученных экспериментальных зависимостей измеряемых параметров ($F_{n.o}$, $F_{z.o}$) от пробега (S) для автомобиля Fiat Ducato.

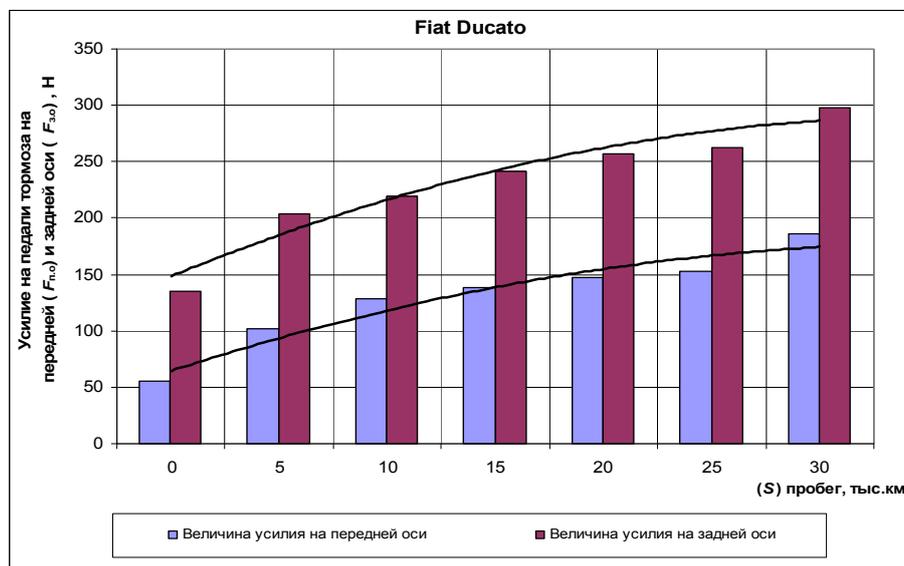


Рисунок 2 – Усилия на органе управления тормозной системы (педаль тормоза) при измерениях тормозных сил на колесах передней ($F_{n.o}$) и на задней ($F_{z.o}$) осях
 1 – полиномиальная кривая усилия на педали тормоза при измерении усилий на передней,
 2 – на задней оси

На основании этих зависимостей выведены уравнения регрессии (табл. 2), с достоверностью аппроксимации, в пределах $R=0,87...0,94$. Полученные зависимости проверялись тестированием методом преобразования Фишера, что показало их приемлемую достоверность ($F=11,69 > f_g=6,94$). Коэффициенты детерминации ($R^2=0,8531$) и линейной корреляции Пирсона ($r_{x,y}^P=0,73$) подтвердили адекватность регрессионной модели. Выведенные уравнения регрессии описывают полиномиальные кривые (средние величины), благодаря которым можно получить единичное значение для любого из исследуемых параметров на конкретном ТС при заданном пробеге (табл. 2).

Таблица 2 - Уравнения регрессии параметров автомобилей Fiat Ducato

№	Параметры измерения	Рис	Уравнения регрессии, $y=f(x)^*$	Достоверность аппроксимации, R^2
1	Толщина фрикционных накладок (B)	9	$y = x^2 - 0,5298x + 10,214$	0,8766
2	Время срабатывания тормозной системы (t_{cp}) при фактической толщине фрикционных накладок	10	$y = -x^2 - 0,0185x + 0,7957$	0,9257
3	Усилие на педали тормоза при измерениях тормозных усилий на колесах передней оси ($F_{n.o}$)	11	$y = -2,3929x^2 + 35,369x + 31,286$	0,9229
4	Усилие на педали тормоза при измерениях тормозных усилий на колесах задней оси ($F_{z.o}$)	11	$y = -2,75x^2 + 45,036x + 106$	0,9364
5	Тормозное усилие на переднем левом колесе ($P_{n.l}$)	12	$y = -x^2 - 0,0149x + 4,6457$	0,9016
6	Тормозное усилие на переднем правом колесе ($P_{n.n}$)	12	$y = -0,0196x^2 + 0,0411x + 4,7257$	0,8926

7	Тормозное усилие на заднем левом колесе ($P_{з.л}$)	12	$y = -x^2 - x + 2,7743$	0,9465
8	Тормозное усилие на заднем правом колесе ($P_{з.п}$)	12	$y = -x^2 - 0,0185x + 0,7957$	0,9257

*где x – пробег ТС, y – контролируемый параметр

Практическая значимость данных уравнений заключается в возможности их использования для определения перечисленных в таблице 2 параметров в ситуациях, когда исследование или проверка ТС на стенде тормозных испытаний не предоставляется возможной в полном объеме из-за полученных в результате ДТП повреждений. Рассчитанное таким образом значение параметра рекомендуется принимать как нормативное (y_{nor}) для исследуемого ТС. В ситуации, если техническое состояние ТС позволяет производить исследования, то полученные фактические результаты (y_{fac}) необходимо сравнивать с принятыми нормативными и делать выводы о состоянии тормозной системы: если $y_{fac} \geq y_{nor}$, то измеряемый параметр не может повлиять на увеличение времени срабатывания тормозов, а если $y_{fac} < y_{nor}$, то измеряемый параметр оказывает влияние на увеличение времени срабатывания тормозов. Такое сравнение нужно производить по всем измеряемым параметрам.

Если при сравнении результатов измеряемых параметров выявлено, что фактическое значение (y_{fac}) только одного i -го параметра хуже нормативного (y_{nor}), а по всем остальным параметрам значения лучше или соответствует нормативным, то коэффициент K высчитывается по зависимости:

$$K = \frac{y_{nor\ i}}{y_{fac\ i}} \quad (8)$$

В ситуациях, когда несколько фактических результатов оказались хуже нормативных, необходимо применять комплексный (интегральный) метод определения K_{int} .

$$K_{int} = \sum_{i=1}^n \eta_i K_{ij} \quad (9)$$

где, η_i - коэффициент весомости значения i -го измеряемого параметра, определяемый экспертным путем;

K_{ij} - относительная оценка j -го свойства по i -му показателю, определенная дифференциальным методом;

n - число оцениваемых показателей.

Для определения интегрального (обобщенного) коэффициента, влияющего на время срабатывания тормозной системы, зависимость (9) имеет следующий вид:

$$K_{int} = \eta_1 K_1 + \eta_2 K_2 + \eta_3 K_3 + \dots + \eta_n K_n \quad (10)$$

Для оценки весомости влияния каждого параметра на время срабатывания тормозов был применен метод экспертных оценок уровня показателей качества продукции. При сравнении, когда фактический параметр хуже нормативного, следует выяснить, какая неисправность послужила причиной заниженного результата. Алгоритм расчета и применения корректирующих коэффициентов приведен на рисунке 3.

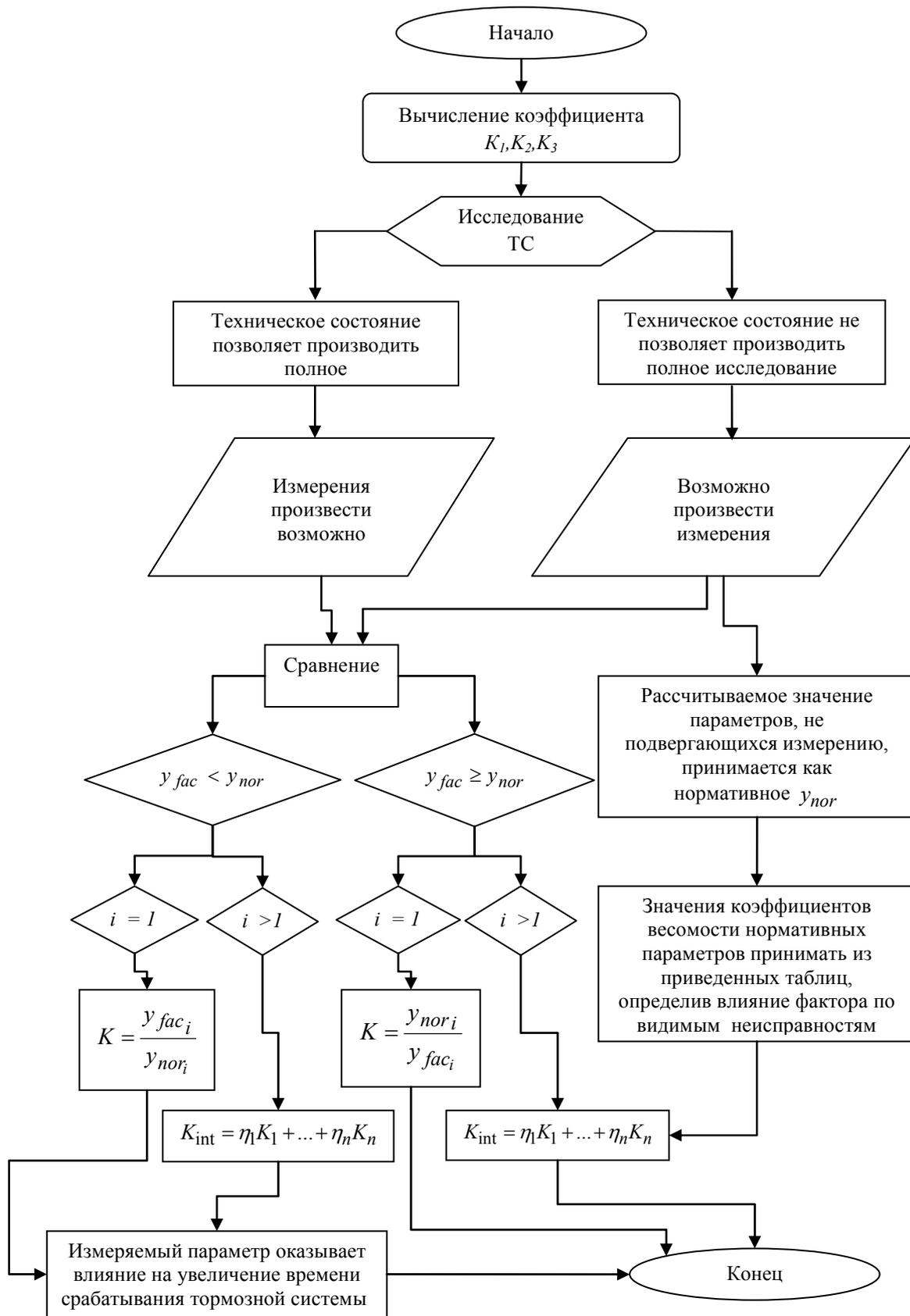


Рисунок 3 – Алгоритм вычисления коэффициентов K_1, K_2, K_3

Предложенная методика может быть реальным инструментом эксперта при вычислении корректирующих коэффициентов, а предложенные значения коэффициентов весомости могут использоваться при расследовании ДТП с участием АТС полной массой до 3,5 тонн, оснащенных дисковыми тормозами с гидравлическим приводом.

Практическая значимость усовершенствованной, в результате проведенного исследования, методики заключается в повышении корректности оценки экспертом действий водителя по предотвращению ДТП с учетом технической возможности ТС.

Пример применения усовершенствованной методики при реальной экспертизе ДТП, связанной с наездом ТС на пешехода, показал, что результаты исследования по усовершенствованной методике отличаются от полученных по существующей, в среднем на 10 % (табл. 4).

Таблица 4 - Сравнительные результаты исследования

Показатели	Существующая методика	Усовершенствованная методика	Отличие %
Скорость а/м (V_a), км/ч	68,4	79,1	+13,5
Остановочный путь (S_o),	44,9	42,1	-6,0
Удаление (S_y), м	40,9	45,9	+11,0

По существующей методике получено: $S_o = 44,9$ м. $> S_y = 40,9$ м., а это значит, что водитель автомобиля марки Fiat Ducato не имел технической возможности предотвратить наезд на пешехода при максимальной допустимой в данной дорожно-транспортной ситуации (ДТС) скорости движения транспортных средств. В то же время, по усовершенствованной методике получено: $S'_o = 42,1$ м $< S'_y = 45,9$ м, а это свидетельствует о том, что водитель имел техническую возможность предотвратить наезд на пешехода. Таким образом, в первом случае действия водителя не противоречили, во втором - не соответствовали требованиям п.10.1 ч.2 Правил Дорожного Движения (ПДД).

Расчетная скорость движения автомобиля марки Fiat Ducato перед началом торможения по существующей методике составила $V_a = 68,4$ км/ч., по усовершенствованной - $V'_a = 79,1$ км/ч. Следовательно, в данной ДТС, как в первом, так и во втором варианте, действия водителя по соблюдению скоростного режима на автомобиле марки Fiat Ducato не соответствовали требованиям п.10.1, 10.2 ПДД (не более 60 км/ч).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подопригора, Н. В. Влияние дополнительных факторов на время срабатывания тормозной системы транспортного средства при вычислении остановочного пути [Текст] / Н. В. Подопригора // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - №2. - URL: www.science-education.ru/102-6096.
2. Евтюков, С. А. Совершенствование методики вычисления остановочного пути [Текст] / С. А. Евтюков, Н. В. Подопригора // Вестник гражданских инженеров. – 2012. - №4 (33). - С. 214-219.
3. Подопригора, Н. В. Совершенствование методики определения тормозных параметров при реконструкциях ДТП [Текст] / Н. В. Подопригора // Вестник гражданских инженеров. - 2012. - №6 (35). - С143-150.
4. Подопригора, Н. В. Актуальные проблемы при эксплуатации коммунальной техники [Текст] / Н. В. Подопригора // Докл. 68-й научной конф. профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов ун-та. - СПб: СПбГАСУ. - 2011. - Ч. IV. - С. 201-206.
5. Подопригора, Н. В. Уточнение традиционной методики вычисления остановочного пути [Текст] / Н. В. Подопригора, П. А. Степина // Актуальные проблемы безопасности дорожного движения. – СПб: СПбГАСУ - 2012. - С. 121-123.
6. Подопригора, Н. В. Методика определения параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции ДТП [Текст] / Н. В. Подопригора // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. – СПб: СПбГАСУ. - 2014. - С. 489-498.
7. Евтюков, С. А. Экспертиза ДТП: методы и технологии [Текст]: учебное пособие для специалистов и экспертов по анализу ДТП, экспертов-техников и др. / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев // СПб: СПбГАСУ. - 2012. – 310 с.

8. Евтюков, С. А. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах [Текст]: учебное пособие для специалистов и экспертов по анализу ДТП, экспертов-техников и др. / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. - Издательский Дом «Петрополис». – СПб: СПбГАСУ. - 2012. 324с.
9. Глазков В.Ф. Основы теории надежности, работоспособности и диагностики машин [Текст]: учеб. пособие / В. Ф. Глазков, С. А. Евтюков. - СПб.: Издательский Дом «Петрополис», 2011. - 450 с.
10. Степина, П. А. Разработка методики совершенствования автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий: Автореф. Дис. ... канд. техн. наук. / П. А. Степина. - Санкт-Петербург, 2010. – 23 с.
11. Лакеев, А. С. Метод оценки параметров торможения транспортных средств с учетом требований технического регламента [Текст] / А. С. Лакеев, Ю. И. Молев, Д. Н. Прошин // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. - 2011. - №3(90). - С. 156-161.
12. Боровский, Б. Е. Безопасность движения автомобильного транспорта [Текст] / Б. Е. Боровский. - Л.: Лениздат, 1984. - 304 с.
13. Бухарин, Н. А. Автомобили [Текст] / Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Шукин. - М.: Машиностроение, 1965. - 465 с.
14. Гуревич, Л. В. Некоторые результаты экспериментального определения режимов работы тормозных механизмов в эксплуатации [Текст] / Л. В. Гуревич // Автомобильная промышленность, 1972. - №3. - С. 20-22.
15. Гуревич, Л. В. Тормозное управление автомобиля [Текст] / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. - М.: Транспорт, 1978. - 152 с.
16. Дадашев, Д. Р. Определение параметров торможения при нагреве тормозных накладок [Текст] / Д. Р. Дадашев, А. М. Нагиев // Автомобильная промышленность. - 1978. - №7. - С. 19-20.
17. Домке, Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Э. Р. Домке. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 288 с.
18. Иларионов, В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: Учебник для вузов / В. А. Иларионов. - М.: Транспорт, 1989. - 255 с.
19. Иларионов, В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля [Текст] / В. А. Иларионов. - М.: Машиностроение, 1966. – 280 с.
20. Крузе, И. Л. Автомобильные тормозы [Текст] / И. Л. Крузе. - М.: Военное издательство министерства вооруженных сил Союза ССР, 1947. - 287с.
21. Судебная автотехническая экспертиза: Пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей. ч.2. / Под. ред. А.В. Илларионова. – М.: ВНИИСЭ, 1980. – 491 с.

Подопригора Николай Владимирович

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес: 190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 2/5

Канд. тех. наук, ст. преподаватель кафедры «Наземные транспортно-технологические машины»

E-mail: n.v.podoprigora@gmail.com

N. V. PODOPRIGORA

EVALUATION OF BRAKING PARAMETERS DURING ROAD ACCIDENT RECONSTRUCTION

The article aims to present the results of the research on additional factors, which influence the response time of braking system, and on motivation of considering these factors during the inspection of road accidents. The purpose of the current work is introduction of some complementation for the present method of calculation of stopping distance of the coefficients, which makes adjustments to the response time of the brake rigging. The conclusion is that the response time of the brake rigging is influenced by the following factors: thickness of the brake shoes (B), total braking force in the front and back axles (F), the force, applied in the controller of braking system on both axles (P). On the basis of the obtained results, the coefficients (K_1 , K_2 , K_3) were established. It provides a more accurate calculation of braking system efficiency and therewith it allows to make a more objective conclusion on the technical possibility of prevention of road accidents.

Keywords: braking system response time, technical state of braking system, braking, efficiency of braking, test of braking system, force, applied in the controller.

BIBLIOGRAPHY

1. Podoprigora, N. V. Vliyanie dopolnitel'nykh faktorov na vremya srabatyvaniya tormoznoy sistemy transportnogo sredstva pri vychislenii ostanovochnoy puti [Tekst] / N. V. Podoprigora // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. - 2012. - №2. - URL: www.science-education.ru/102-6096.
2. Evtyukov, S. A. Sovershenstvovanie metodiki vychisleniya ostanovochnoy puti [Tekst] / S. A. Evtyukov, N. V. Podoprigora // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. - 2012. - №4 (33). - S. 214-219.
3. Podoprigora, N. V. Sovershenstvovanie metodiki opredeleniya tormoznykh parametrov pri rekonstruktsiyakh DTP [Tekst] / N. V. Podoprigora // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. - 2012. - №6 (35). - S143-150.
4. Podoprigora, N. V. Aktual'nye problemy pri ekspluatatsii kommunal'noy tekhniki [Tekst] / N. V. Podoprigora // *Dokl. 68-y nauchnoy konf. professorov, prepodavateley, nauchnykh rabotnikov, inzhenerov i aspirantov un-ta*. - SPb: SPbGASU. - 2011. - CH. IV. - S. 201-206.
5. Podoprigora, N. V. Utochnenie traditsionnoy metodiki vychisleniya ostanovochnoy puti [Tekst] / N. V. Podoprigora, P. A. Stepina // *Aktual'nye problemy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya*. - SPb: SPbGASU - 2012. - S. 121-123.
6. Podoprigora, N. V. Metodika opredeleniya parametrov protsessa tormozheniya avtotransportnykh sredstv pri rekonstruktsii DTP [Tekst] / N. V. Podoprigora // *Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh*. - SPb: SPbGASU. - 2014. - S. 489-498.
7. Evtyukov, S. A. Ekspertiza DTP: metody i tekhnologii [Tekst]: uchebnoe posobie dlya spetsialistov i ekspertov po analizu DTP, ekspertov-tekhnikov i dr. / S. A. Evtyukov, YA. V. Vasil'ev // SPb: SPbGASU. -2012. - 310 s.
8. Evtyukov, S. A. Rekonstruktsiya i ekspertiza DTP v primerakh [Tekst]: uchebnoe posobie dlya spetsialistov i ekspertov po analizu DTP, ekspertov-tekhnikov i dr. / S. A. Evtyukov, YA. V. Vasil'ev. - Izdatel'skiy Dom "Petropolis". - SPb: SPbGASU. - 2012. 324s.
9. Glazkov V.F. Osnovy teorii nadezhnosti, rabotosposobnosti i diagnostiki mashin [Tekst]: ucheb.posobie / V. F. Glazkov, S. A. Evtyukov. - CPb.: Izdatel'skiy Dom "Petropolis", 2011. - 450 s.
10. Stepina, P. A. Razrabotka metodiki sovershenstvovaniya avtotekhnicheskoy ekspertizy dorozhno-transportnykh proissheshtviy: Avtoref. Dis. ... kand. tekhn. nauk. / P. A. Stepina. - Sankt-Peterburg, 2010. - 23 s.
11. Lakeev, A. S. Metod otsenki parametrov tormozheniya transportnykh sredstv s uchetom trebovaniy tekhnicheskogo reglamenta [Tekst] / A. S. Lakeev, YU. I. Molev, D. N. Proshin // *Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. R. E. Alekseeva*. - 2011. - №3(90). - S. 156-161.
12. Borovskiy, B. E. Bezopasnost' dvizheniya avtomobil'nogo transporta [Tekst] / B. E. Borovskiy. - L.: Lenizdat, 1984. - 304 s.
13. Bukharin, N. A. Avtomobili [Tekst] / N. A. Bukharin, V. S. Prozorov, M. M. Shchukin. - M.: Mashinostroenie, 1965. - 465 s.
14. Gurevich, L. V. Nekotorye rezul'taty eksperimental'nogo opredeleniya rezhimov raboty tormoznykh mekhanizmov v ekspluatatsii [Tekst] / L. V. Gurevich // *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 1972. - №3. - S. 20-22.
15. Gurevich, L. V. Tormoznoe upravlenie avtomobilya [Tekst] / L. V. Gurevich, R. A. Melamud. - M.: Transport, 1978. - 152 s.
16. Dadashev, D. R. Opredelenie parametrov tormozheniya pri nagreve tormoznykh nakladok [Tekst] / D. R. Dadashev, A. M. Nagiev // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. - 1978. - №7. - S. 19-20.
17. Domke, E. R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst]: uchebnyk dlya stud. vyssh. ucheb. Zavedeniy / E. R. Domke. - M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2009. - 288 s.
18. Ilarionov, V. A. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst]: Uchebnyk dlya vuzov / V. A. Ilarionov. - M.: Transport, 1989. - 255 s.
19. Ilarionov, V. A. Ekspluatatsionnye svoystva avtomobilya [Tekst] / V. A. Ilarionov. - M.: Mashinostroenie, 1966. - 280 s.
20. Kruze, I. L. Avtomobil'nye tormozy [Tekst] / I. L. Kruze. - M.: Voennoe izdatel'stvo ministerstva voennoy avtomobil'noy promyshlennosti SSSR, 1947. - 287s.
21. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza: Posobie dlya ekspertov-avtotekhnikov, sledovateley i su-dey. ch.2. / Pod. red. A.V. Ilarionova. - M.: VNIIE, 1980. - 491 s.

Podoprigora Nikolay Vladimirovich

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St.-Petersburg

Address: 190103, Russia, St. Petersburg, Kurlyandskaya st., 2/5

Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Department of land transport and technological machines

E-mail: 5750195@mail.ru

Е. Ю. МИНЕНКО, Ю. А. КУСМОРОВА

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ВИРАЖЕ

В статье рассматривается вираж как дополнительный элемент дороги на кривых малого радиуса, необходимый для безопасности движения автомобилей. Авторами исследован участок автомобильной дороги на подъезде к с. Камаевка. Анализ данного участка предполагает проектирование виража.

Ключевые слова: устойчивость автомобиля, вираж, уклон проезжей части.

Устойчивость автомобиля непосредственно связана с безопасностью дорожного движения. Управляя неустойчивым автомобилем, водитель вынужден внимательно следить за дорожной обстановкой и постоянно корректировать движение автомобиля, чтобы он не выехал за пределы дороги. Длительное управление таким автомобилем приводит к нервному перенапряжению водителя и быстрому его утомлению, что повышает возможность ДТП. Нарушение устойчивости автомобиля выражается в произвольном изменении направления движения, его опрокидывании или скольжении шин по дороге. Траектория движения автомобиля всегда является криволинейной, причем кривизна ее непрерывно меняется. Поэтому прямолинейное движение автомобиля — понятие условное, подразумевающее, что при неизменном направлении движения смещения его не превосходят некоторых пределов [1-6]. Курсовой устойчивостью автомобиля называют его свойство двигаться без корректирующих воздействий со стороны водителя, т. е. при неизменном положении рулевого колеса. Автомобиль с плохой курсовой устойчивостью произвольно меняет направление движения («рыскает» по дороге), создавая угрозу другим транспортным средствам и пешеходам. При криволинейном движении автомобиля потерю устойчивости обычно вызывает центробежная сила.

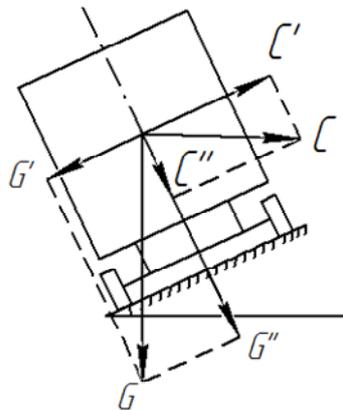


Рисунок 1 - Криволинейное движение автомобиля на вираже

Поэтому при движении автомобиля по виражу заноса автомобиля не произойдет, если поперечная сила сцепления между его колесами и дорогой будет больше или равна поперечной силе, сдвигающей автомобиль [2]:

$$(1 + v_p^2 i_b / gR) \varphi_y \geq v_p^2 / gR - i_b, \quad (1)$$

где v_p – расчетная скорость движения автомобилей для данной категории дороги, м/с (табл. 1);

i_b – величина уклона виража, доли единицы;

g – ускорение свободного падения, м /с²;

R – радиус кривой, м;

φ_y – коэффициент поперечного сцепления между колесами автомобиля и поверхностью дороги.

Величину φ_y принимают в пределах $(0,6...0,7)\varphi_x$, где φ_x – коэффициент продольного сцепления между колесами автомобиля и поверхностью дороги: $\varphi_x = 0,6$ – сухое покрытие; $\varphi_x = 0,4$ – мокрое покрытие; $\varphi_x = 0,25$ – мокрое и грязное покрытие. Обычно в расчетах принимают $\varphi_x = 0,25$.

Приняв по категории дороги v_p и рекомендациям радиус кривой R можно определить необходимый уклон виража:

$$i_b = v_p^2 / gR - \mu, \quad (2)$$

где μ – коэффициент поперечной силы: $\mu = 0,15...0,17$; из условия устойчивости против заноса $\mu = 0,12$.

Если в результате расчета по формуле (2) получено отрицательно значение, то устраивать вираж на кривой необязательно. Если $0 < i_b < i$ (где i – поперечный уклон проезжей части на прямом участке дороги), то принимают $i_b = i$, а если рассчитанное значение i_b больше i , то значение i_b принимается в качестве поперечного уклона виража.

Целесообразно устраивать виражи на кривых с радиусами 2000 м и менее на дорогах общего пользования и 600 м и менее на внутренних дорогах промышленных предприятий.

Поперечные уклоны проезжей части на виражах дорог общего пользования и внешних ведомственных дорог принимаются в зависимости от радиусов кривых участков в плане (табл. 1) [16, 17].

Таблица 1 - Значения поперечных уклонов проезжей части на виражах, ‰, на различных дорогах

Радиусы кривых участков в плане, м	Наиболее распространенные уклоны		Уклоны в районах с частым гололедом
	На дорогах категорий I...V	На подъездных дорогах к промышленным предприятиям	
3000... 1000 (для дорог категории I)	20... 30	—	20... 30
2000... 1000 (для дорог категорий II... V)	20... 30	—	20...30
1000...800	30...40	—	30...40
800... 700	30...40	20	30...40
700...650	40...50	20	40
650...600	50...60	20	40
600... 500	60	20...30	40
500... 450	60	30...40	40
450... 400	60	40... 60	40
400 и менее	60	60	40

Примечание. Меньшие значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам кривых, а большие — меньшим.

Если два соседних кривых участка в плане, обращенные в одну сторону, расположены близко друг от друга, а прямая вставка между ними отсутствует или длина ее незначительная, односкатный профиль принимается непрерывным на протяжении этих кривых участков и прямой вставке между ними.

В районах с незначительной продолжительностью снегового покрова и редкими случаями гололеда наибольший допустимый поперечный уклон проезжей части на виражах составляет 100%.

На особо трудных участках по условиям застройки или рельефа местности допускается разработка индивидуальных проектов виражей с переменными поперечными уклонами (ступенчатых виражей) и уширенной проезжей частью дороги.

Виражи на многополосных дорогах проектируются с отдельными поперечными уклонами на проезжих частях разных направлений и с разработкой необходимых мероприятий по отводу воды с этих проезжих частей и разделительной полосы.

Переход от двухскатного профиля дороги к односкатному (отгон виража) следует осуществлять на протяжении переходной кривой, а при ее отсутствии на прилегающем к криволинейному прямом участке [2, 9].

В первом случае длина отгона виража $L_{омг}$ принимается равной длине переходной кривой L , при которой необходимо установить дополнительный продольный уклон внешней кромки проезжей части в соответствии с условием

$$\Delta i = \frac{(B_0 + \Delta)i_B}{L} \leq \Delta i_{дон}. \quad (3)$$

Дополнительный продольный уклон внешней кромки проезжей части по отношению к проектному продольному уклону $\Delta i_{дон}$ на участках отгона виража не должен превышать: для дорог категорий I-а, I-б, I-в, II - 5%, для дорог категорий III...V в равнинной местности - 10% и для дорог категорий III...V в горной местности - 20%.

Во втором случае рассчитывают длину отгона виража, м,

$$L_{омг} \geq \frac{(B_0 + \Delta)i_B}{\Delta i_{дон}}. \quad (4)$$

В формулах 3 и 4 i_B и $\Delta i_{дон}$ - в долях единицы.

В пределах отгона виража или переходной кривой осуществляется плавный переход от двухскатного профиля дороги к односкатному. Внешний скат проезжей части поднимается относительно оси проезжей части от уклона $-i$ до уклона $+i$ на расстоянии

$$l = 2B_0 i / (\Delta i - 2\Delta i / L_{омг}), \quad (5)$$

а на оставшемся расстоянии, равном $L_{отг} - l$, производится подъем односкатной поверхности проезжей части от уклона i до уклона i_B посредством ее вращения относительно внутренней кромки проезжей части.

Поперечный уклон обочин на вираже следует принимать одинаковым с уклоном проезжей части дороги (за исключением грунтовой полосы внешней обочины). Переход от нормального уклона обочин при двухскатном профиле к уклону проезжей части следует производить на протяжении 10 м до начала отгона виража.

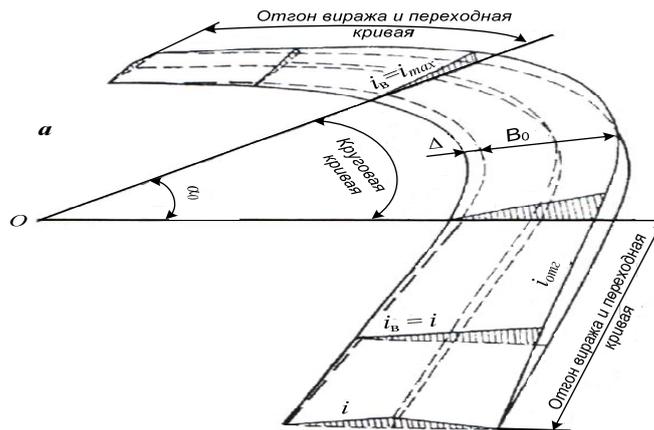


Рисунок 2 - Схема земляного полотна на кривых участках в плане:
а-вираж и уширение проезжей части

Если расчетный поперечный уклон i_B на вираже больше значения, указанного в таблице 1 для принятого радиуса криволинейного участка, необходимо принять значение уклона виража, рекомендуемое СНиП 2.05.02—85*, и определить допустимую скорость движения на этом кривом участке по формуле

$$v \leq \sqrt{\frac{gR(\varphi_y + i_B)}{1 - i_B \varphi_y}},$$

где i_B — принятый уклон виража.

При $v < v_p$ на криволинейном участке вводится ограничение скорости с помощью соответствующих дорожных знаков.

Существующая дорога Подъезд к с. Камаевка находится в Лопатинском районе Пензенской области, проходит по землям Верешимского сельского совета.

Начало дороги принято на км 17+300 автомобильной дороги Лопатино — Даниловка на застроенной территории с. Камаевка.

Дорога грунтовая, профилированная, проходит в нулевых отметках. Искусственных сооружений не имеется.

Первые двести метров дорога идет по застроенной территории села, затем спускается к реке Чардым и, на км 0+350, пересекает ее под углом 90^0 . Ширина реки в месте пересечения 7,0м, глубина воды 2,7м, скорость течения 2,5м/сек. Все замеры производились в октябре месяце. По опросам местных жителей вода в реке в паводок поднимается до отметки 173,65м. Берега реки крутые, заросшие деревьями и кустарником. Диаметр ствола деревьев 16-23см.

С км 0+500 дорога опять идет по застроенной территории с. Камаевка. Ширина улицы села 30 и более метров. По середине улицы идет нить газопровода высокого давления.

Дорога не освещена и знаками не обустроена.

Проезд до центральной части с. Камаевка до настоящего времени осуществлялся по дороге, отмыкающей от автомобильной дороги Лопатино — Даниловка на км 18+300. Дорога грунтовая, без отсыпанного земляного полотна. На пересечении с рекой имеется деревянный мост, состояние которого неудовлетворительное. На момент изысканий проезд по мосту был невозможен. Проезд транзитного транспорта, в том числе и пассажирского, в осенне-весенний период становится невозможным.

Существующая интенсивность движения автотранспорта принята по инженерно-экономическим изысканиям и составляет 293 авт/сут. Ежегодный средний прирост интенсивности составляет 1,5% [9].

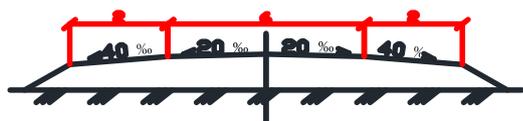
При проезде по кривым автомобили, движущиеся по внешней стороне проезжей

части, уклон которой направлен от центра кривой, обладают меньшей устойчивостью, чем автомобили, следующие во встречном направлении, поскольку составляющая веса, параллельная уклону проезжей части, складывается с соответствующей проекцией центробежной силы. Кроме того, осложняется управление автомобилем в связи с большей, чем для полосы встречного движения, величиной бокового увода шин. Между тем, устройство кривых больших радиусов не всегда возможно по местным условиям. Поэтому для повышения устойчивости автомобиля и большей уверенности управления на кривых устраивают односкатный поперечный профиль - вираж - с уклоном проезжей части и обочин к центру кривой [7-8, 10, 16, 18].

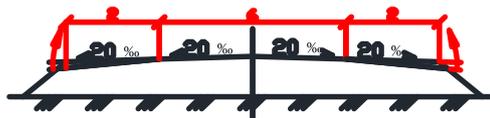
Долгое время виражи рассматривали только как дополнительный элемент дороги на кривых малого радиуса, необходимый для безопасности движения автомобилей. Однако опыт эксплуатации автомобильных магистралей показал, что виражи оказывают положительное психологическое воздействие на водителей, способствуя уверенному проезду кривых с той же скоростью, как и на примыкающих прямых участках. При отсутствии виражей скорость на кривых снижается. Поэтому в настоящее время виражи устраивают на всех кривых с радиусами, меньшими 3000 м на дорогах I категории и 2000 м - на остальных.

Проведя необходимые расчеты, авторами предлагается вираж, представленный на рисунке 3 [16,18].

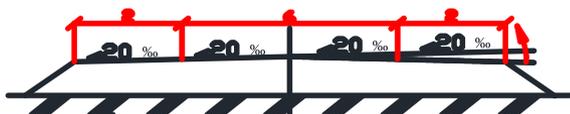
1) Двускатный поперечный профиль дороги



2) Первая стадия отгона виража
(вращение обочины вокруг кромки до достижения уклона равного уклону проезжей части)



4) Вторая стадия отгона виража
(вращение внешней полосы верха земляного полотна вокруг оси проезжей части до получения односкатного профиля)



4) Третья стадия отгона виража
(вращение вокруг оси внутренней и внешней части до необходимой величины поперечного уклона на вираже)



Рисунок 3 - Предлагаемый вираж

Для обеспечения безопасности движения и ориентации водителей о маршруте следования, согласно ГОСТ Р 52289-2004 автомобильная дорога обустроивается всеми требуемыми дорожными знаками, ограждениями, сигнальными столбиками и разметкой. Номера и типоразмеры щитков дорожных знаков приняты согласно ГОСТ Р 52290-2004 [11,12]. Дорожные знаки устраиваются на металлических стойках на присыпных бермах. Направляющие устройства — пластмассовые сигнальные столбики устанавливаются на закруглениях съездов. Конструкция столбиков принята по ГОСТ Р 50970-96 [13]. Номера и типоразмеры дорожной разметки приняты согласно ГОСТ Р 51256-99 [14], удерживающие барьерные ограждения из металлического профиля устанавливаются на участках дороги в местах искусственных сооружений.

Всего по дороге необходимо установить:

- сигнальных столбиков - 81 шт.
- дорожных знаков – 48 шт.
- барьерного ограждения – 326 м.

Разметка проезжей части предусмотрена краской. Проектом предусматриваются

мероприятия по благоустройству с. Камаевка:

– устройство пешеходных дорожек шириной 1,0м с покрытием из плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси тип В марки П толщиной 0,03м, на основании из щебня М400 толщиной 0,10м, с устройством подстилающего слоя из песка Н-10см. Площадь пешеходных дорожек 1015,5м²;

– в местах пересечения пешеходными дорожками водоотводных кюветов предусмотрено строительство пешеходных мостиков из плит размером 2,5х1,5х0,10м. Всего 5 мостиков;

– в местах пешеходных переходов по откосам насыпи запроектировано устройство лестничных сходов, всего 7шт.

Наружное освещение села будет выполнено за счет средств Верешимского сельского совета. На рисунке 4 представлено обустройство предлагаемого виража [19-20].

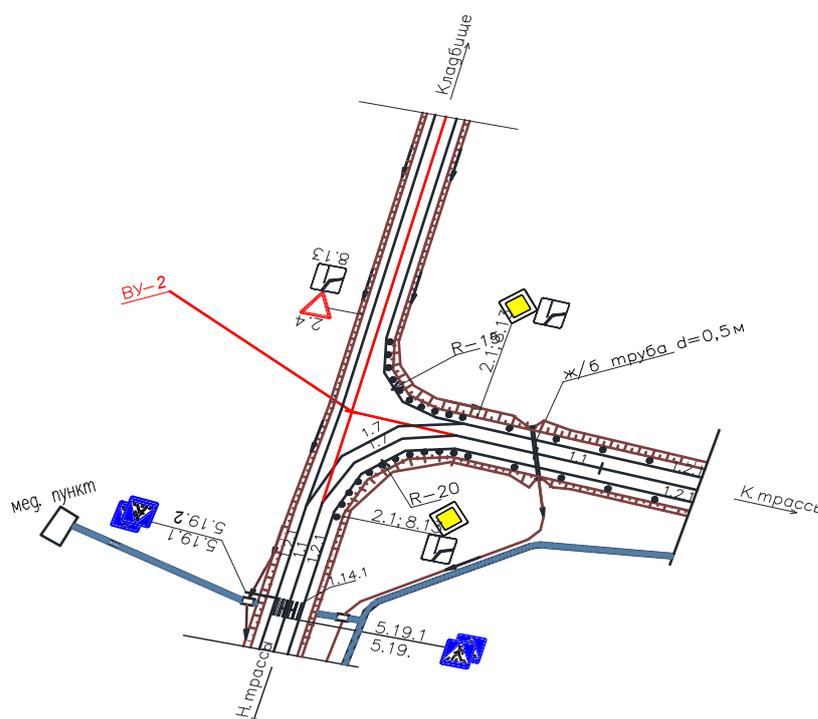


Рисунок 4 - Обустройство предлагаемого виража

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сильянов, В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. - 3-е изд. стер. - М.: ИЦ «Академия», 2009.
2. Домке, Э. Р. Пути сообщения. Технологические сооружения [Текст]: учебник для студентов выс. учеб. завед. / Э. Р. Домке, Ю. М. Ситников, К. С. Подшивалова. - М.: Изд. центр «Академия», 2013.
3. Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Васильев. Т.1. - М.: ИЦ «Академия», 2010.
4. Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Васильев. - Т. 2. - М.: ИЦ «Академия», 2010.
5. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочная энциклопедия дорожника [Текст] / А. П. Васильев и др. - Т 2. - М.: Информавтодор, 2004.
6. Справочная энциклопедия дорожника. Проектирование автомобильных дорог [Текст] / под ред. проф. Г. А. Федотова, П. И. Поспелова. - Т V. - М.: ФГУП Информавтодор, 2007.
7. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст]: учебник / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов. - В 2 кн. Кн. 1. - М.: Высш. шк., 2009.
8. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст]: учебник / Г. А. Федотов,

П. И. Поспелов. - В 2 кн. Кн. 2. - М.: Высш. шк., 2010.

9. Миненко, Е. Ю. Расчет виража с целью повышения безопасности движения на участке автомобильной дороги на подъезде к с. Камаевка Пензенской области [Текст] / Е. Ю. Миненко, Д. Ю. Курамшин // Молодой ученый. - 2014. - №15. - С.100-105.

10. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения [Текст] / Ю. А. Кременец, М. А. Печерский, М. Б. Афанасьев. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.

11. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - М.: ИПК Издательство стандартов. 2004.

12. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - М.: ИПК Издательство стандартов. 2004.

13. ГОСТ Р 50970-96. Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения [Текст]. - М.: Госстандарт Российской Федерации. 1996.

14. ГОСТ 51256-99. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования [Текст]. - М.: Госстандарт России, 1999.

15. ГОСТ 26804-86. Ограждения дорожные металлические барьерного типа. Технические условия [Текст]. - М.: Госстандарт России, 1985.

16. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [Текст]. - М.: Госстандарт России, 1994.

17. ГОСТ Р 52398-20005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2006.

18. Межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них [Текст]. - М.: Информавтодор, 2008.

19. Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Росавтодор. - М.: Информавтодор, 2000.

20. Национальная программа модернизации и развития сети дорог Российской Федерации до 2025 г. [Текст] / М.: Информавтодор, 2004.

Миненко Екатерина Юрьевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Г.Титова, 28

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: cat.minenko@yandex.ru

Кусморова Юлия Анатольевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Г.Титова, 28

Студент группы ОБД-51

E. Y. MINENKO, Y. A. KUSMOROVA

IMPROVE ROAD SAFETY IN CURVES

The article discusses how to turn an additional element of the road on curves of small radius necessary for the safety of the vehicle. The authors investigated portion of the road at the entrance to s. Kamaevka. The analysis of this section suggests designing bend.

Keywords: stability of the vehicle, bend, incline roadway.

BIBLIOGRAPHY

1. Sil'yanov, V. V. Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / V. V. Sil'yanov, E. R. Domke. - 3-е изд. стер. - М.: ITS "Akademiya", 2009.

2. Domke, E. R. Puti soobshcheniya. Tekhnologicheskie sooruzheniya [Текст]: учебник для студентов выс. учеб. завед. / E. R. Domke, YU. M. Sitnikov, K. S.Podshivalova. - М.: Изд. tsentr "Akademiya", 2013.

3. Vasil'ev, A. P. Eksploatatsiya avtomobil'nykh dorog: v 2 t. [Tekst]: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy / A. P. Vasil'ev. T.1 . - M.: ITS "Akademiya", 2010.
4. Vasil'ev, A. P. Eksploatatsiya avtomobil'nykh dorog: v 2 t. [Tekst]: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy / A. P. Vasil'ev . - T. 2. - M.: ITS "Akademiya", 2010.
5. Remont i sodержanie avtomobil'nykh dorog: spravochnaya entsiklopediya dorozhnika [Tekst] / A. P. Vasil'ev i dr. - T 2. - M.: Informavtodor, 2004.
6. Spravochnaya entsiklopediya dorozhnika. Proektirovanie avtomobil'nykh dorog [Tekst] / pod red. prof. G. A. Fedotova, P. I. Pospelova. - T V. - M.: FGUP Informavtodor, 2007.
7. Fedotov, G. A. Izyskaniya i proektirovanie avtomobil'nykh dorog [Tekst]: uchebnik / G. A. Fedotov, P. I. Pospelov. - V 2 kn. Kn. 1. - M.: Vyssh. shk., 2009.
8. Fedotov, G. A. Izyskaniya i proektirovanie avtomobil'nykh dorog [Tekst]: uchebnik / G. A. Fedotov, P. I. Pospelov. - . V 2 kn. Kn. 2. - M.: Vyssh. shk., 2010.
9. Minenko, E. YU. Raschet virazha s tsel'yu povysheniya bezopasnosti dvizheniya na uchastke avtomobil'noy dorogi na pod'ezde k s. Kamaevka Penzenskoy oblasti [Tekst] / E. YU. Minenko, D. YU. Kuramshin // Molodoy uchenyy. - 2014. - №15. - S.100-105.
10. Kremenets, YU. A. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / YU. A. Kremenets, M. A. Pecherskiy, M. B. Afanas'ev. - M.: IKTS "Akademkniga", 2005.
11. GOST R 52289-2004. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya dorozhnykh znakov, razmetki, svetoforov, dorozhnykh ograzhdeniy i napravlyayushchikh ustroystv [Tekst] / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. - M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 2004.
12. GOST R 52290-2004. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Znaki dorozhnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya [Tekst] / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. - M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 2004.
13. GOST R 50970-96. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Stolbiki signal'nye dorozhnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Pravila primeneniya [Tekst]. - M.: Gosstandart Rossiyskoy Federatsii. 1996.
14. GOST 51256-99. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Razmetka dorozhnaya. Tipy i osnovnye parametry. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya [Tekst]. - M.: Gosstandart Rossii, 1999.
15. GOST 26804-86. Ograzhdeniya dorozhnye metallicheskie bar'ernogo tipa. Tekhnicheskie usloviya [Tekst]. - M.: Gosstandart Rossii, 1985.
16. GOST R 50597-93. Avtomobil'nye dorogi i ulitsy. Trebovaniya k eksploatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst]. - M.: Gosstandart Rossii, 1994.
17. GOST R 52398-20005. Klassifikatsiya avtomobil'nykh dorog. Osnovnye parametry i trebovaniya / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii [Tekst]. - M.: Standartinform, 2006.
18. Mezhremontnye sroki provedeniya kapital'nogo remonta i remonta avtomobil'nykh dorog obshchego pol'zovaniya federal'nogo znacheniya i iskusstvennykh sooruzheniy na nikh [Tekst]. - M.: Informavtodor, 2008.
19. Metodicheskie rekomendatsii po naznacheniyu meropriyatiy dlya povysheniya bezopasnosti dvizheniya na uchastkakh kontsentratsii dorozhno-transportnykh proisshestviy [Tekst] / Rosavtodor. - M.: Informavtodor, 2000.
20. Natsional'naya programma modernizatsii i razvitiya seti dorog Rossiyskoy Federatsii do 2025 g. [Tekst] / M.: Informavtodor, 2004.

Minenko Ekaterina

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Adress: 440028, Russia, Penza, G.Titova st., 28

Ph.D., Associate Professor of "Organization and traffic safety"

E-mail: cat.minenko@yandex.ru

Kusmorova Juliya

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Adress: 440028, Russia, Penza, G.Titova st., 28

Student

Д. В. КАПСКИЙ, П. А. ПЕГИН, А. И. РЯБЧИНСКИЙ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ ПО МЕТОДУ КОНФЛИКТНЫХ ЗОН НА ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В ЗОНЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕРОВНОСТЕЙ

Процесс дорожного движения на нерегулируемых пешеходных переходах, расположенных в зоне искусственных неровностей, имеет существенную специфику взаимодействия транспортных и пешеходных потоков. Чтобы учесть эту специфику требуется провести исследования и разработать различные модели прогнозирования аварийности в конфликте «транспорт–транспорт» и «транзитный транспорт–пешеход». Это позволит создать методiku прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон для пешеходных переходов в зоне искусственных неровностей, позволяющую оценивать аварийность на объекте еще на стадии принятия решений.

Ключевые слова: нерегулируемый пешеходный переход, искусственная неровность, конфликты «транспорт–транспорт» и «транзитный транспорт–пешеход», потенциальная опасность, прогнозирование аварийности

Процесс возникновения дорожных аварии в конфликте «транспорт–транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные, на регулируемых перекрестках в нерегулируемом режиме, в принципе, и на искусственных неровностях практически одинаков [1-5]. Отличие заключается в особенностях восприятия водителем дорожной обстановки.

На регулируемом перекрестке ситуация более предсказуемая, поведение участников более ожидаемое, также как и возможные последствия [1, 6-8]. На искусственных неровностях, которые очень часто плохо оборудованы техническими средствами регулирования, ситуация, особенно в темное время суток, менее предсказуема. Здесь гораздо большее рассеивание скоростей проезда искусственных неровностей (от 3–5 до 50 км/ч), большее рассеивание замедлений, хуже прогнозируется поведение пешеходов перед лидирующими автомобилями и возможная реакция водителей этих автомобилей на действия пешеходов [9, 10].

Подобная ситуация сложилась и в конфликте «транзитный транспорт–пешеход», где поведение пешеходов на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях значительно отличается. Необходимо отметить, что имеются некоторые отличия в специфике взаимодействия транспорта и пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах при отсутствии и при наличии искусственной неровности. На искусственных неровностях из-за малых скоростей движения транспорта пешеходы чувствуют себя более защищенными, свободнее, безопаснее, что проявляется в принятии ими большего риска. Они переоценивают свою защищенность и принимают несколько бóльший риск. И хотя это вызывает гораздо большее число конфликтных ситуаций, однако число аварий с пострадавшими существенно меньше, поскольку конфликтные ситуации имеют меньшую опасность. Иными словами, здесь конфликтное движение менее опасное, но более «грязное», часто с необоснованными претензиями пешеходов на приоритет.

В то же время водители нередко одновременно участвуют в трех конфликтах: «транспорт–транспорт» (столкновения с ударом сзади), «транспорт–дорога» (искусственная неровность) и «транспорт–пешеход», что увеличивает вероятность ошибки. В свою очередь водитель испытывает опасность из-за внезапного снижения скорости ввиду наличия искусственной неровности и из-за появления пешехода на пешеходном переходе. Поэтому при идентичной модели определения потенциальной опасности некоторые зависимости, особенно значимость отдельных групп факторов, несколько отличаются.

В результате при идентичном процессе возникновения аварий отдельные параметры, особенно характер зависимости аварийности от потенциальной опасности, значительно отличаются. Это обстоятельство требует разработки собственной индивидуальной методики прогнозирования аварийности на искусственной неровности, включающей две частные методики в конфликте «транспорт–транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные и в конфликте «транзитный транспорт–пешеход». Для разработки методики прогнозирования аварийности в конфликте «транспорт–транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные исследуемая выборка составила 398 аварий на 80 нерегулируемых пешеходных переходах в местах расположения искусственных неровностей, в том числе 2 аварии со смертельным исходом, 7 аварий с ранением и 389 аварий с материальным ущербом.

Модель прогнозирования аварийности. Потенциальная опасность определялась на подходе к искусственной неровности, установленной в зоне расположения нерегулируемого пешеходного перехода.

Конфликтные точки образуются по аналогии с рассматриваемым конфликтом на перекрестке. При этом началом конфликтной зоны является ближняя по ходу движения автомобиля граница пешеходного перехода или искусственной неровности. Конфликтные зоны образуются перед пешеходным переходом или на подходе к искусственной неровности.

Расчет потенциальной опасности конфликтной точки проводится следующей формуле:

$$P_o = K_{он}^{0,9} K_v^{0,98} K_B^{1,12} K_p^{0,92} K_H^{1,02} K_y^{1,20} K_t \cdot \quad (1)$$

Коэффициенты $K_{он}$, K_v , K_p , K_H , K_B , K_y определяются по [1, 2] для модели нерегулируемого режима.

Коэффициент времени K_t определяется по формуле

$$K_t = 10^{-3} \Phi_{тн}, \quad (2)$$

где $\Phi_{тн}$ – годовой фонд времени, ч/год.

Потенциальная опасность конфликтной зоны определяется:

$$P_{оз} = \left[\sum_1^K (P_o - P_{о0})_k^{0,5} \right]^{0,7}, \quad (3)$$

где $P_{о0}$ – порог чувствительности ($P_{о0} = 0,27$ ед.).

Вероятное число приведенных аварий P'_a определяется по формуле

$$P'_a = 0,471 P_{оз} - 1,76 \cdot \quad (4)$$

Вероятное число неприведенных аварий P_a с учетом данных (табл. 1) определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{пао}} = 0,968 P'_a \quad (5)$$

Вероятное число аварий со смертельным исходом P_a^c :

$$P_a^c = 0,005 P_a \cdot \quad (6)$$

Вероятное число аварий с ранением P_a^p :

$$P_a^p = 0,018 P_a \cdot \quad (7)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных) P_a^m :

$$P_a^m = 0,977 P_a \cdot \quad (8)$$

Таблица 1 – Доля аварий δ_a и динамические коэффициенты приведения $K_{пао}$ в конфликтах «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход» на искусственных неровностях

Авария	Конфликт			
	«транспорт–транспорт»		«транспорт–пешеход»	
	$K_{пао}$	δ_a	$K_{пао}$	δ_a
Со смертельным исходом (K^c, δ^c)	4	0,005	9	0,02
С ранениями (K^p, δ^p)	2	0,018	4	0,862
С материальным ущербом (K^m, δ^m)	1	0,977	1	0,118
Суммарно (K^z)	1,033	1,000	3,746	1,000

На рисунке 1 показана зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности в конфликте столкновения с ударом сзади и попутные на искусственных неровностях. Видно, что зависимость является статистически значимой и имеет точность, достаточную для практических работ.

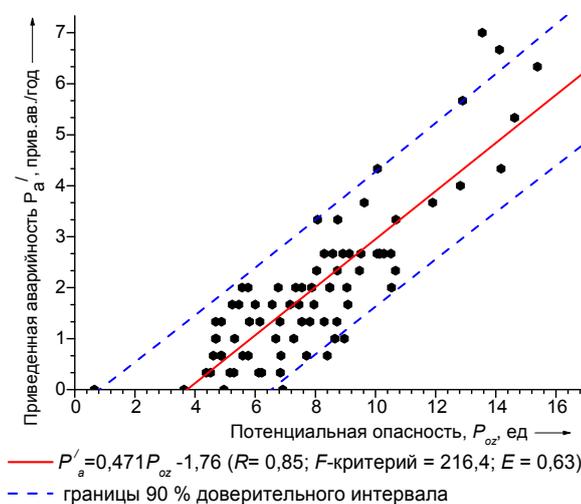


Рисунок 2 – Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности в конфликте столкновения с ударом сзади и попутные

Исследуемая выборка для прогнозирования аварийности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» составила 51 аварию с участием пешеходов на 80 нерегулируемых пешеходных переходах, в местах расположения искусственных неровностей. При этом произошла 1 авария со смертельным исходом, 44 аварии с ранением.

Расчет потенциальной опасности конфликтной точки проводится:

$$P_o = K_{он}^{0,94} K_v^{0,98} K_p^{1,04} K_r^{0,90} K_n^{1,02} K_y^{1,2} K_t \quad (9)$$

Коэффициенты K_v, K_p, K_n, K_r и K_y определяются по аналогии с одноименным конфликтом на регулируемом перекрестке для модели нерегулируемого режима.

Коэффициент начальной вероятности конфликта $K_{он}$ определяется:

$$K_{он} = q_p^* q_2 \quad (10)$$

где q_2 – интенсивность движения транспортного потока конфликтующего направления, авт./с.;

q_p^* – расчетная интенсивность движения пешеходов, пеш./с.

Потенциальная опасность конфликтной зоны определяется

$$P_{oz} = \left[\frac{\sum_{k=1}^K (P_{o_k} - P_{o0})^{0,7}}{T} \right]^{0,8}, \quad (11)$$

где P_{o0} – порог чувствительности ($P_{o0} = 0,91$ ед.).

Вероятное число приведенных аварий P'_a определяется по формуле

$$P'_a = 1,438 - 0,364P_{oz} + 0,023P_{oz}^2 \quad (12)$$

Вероятное число неприведенных аварий P_a с учетом таблицы 1 определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\Sigma}^{пао}} = 0,267P'_a \quad (13)$$

Вероятное число аварий со смертельным исходом P_a^c :

$$P_a^c = 0,02 P'_a \quad (14)$$

Вероятное число аварий с ранением P_a^p :

$$P_a^p = 0,862 P'_a \quad (15)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных) P_a^m :

$$P_a^m = 0,118 P'_a \quad (16)$$

Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» на искусственной неровности показана на рисунке 2. Видно, что зависимость статистически значима и имеет точность, достаточную для практических работ по прогнозированию аварийности.

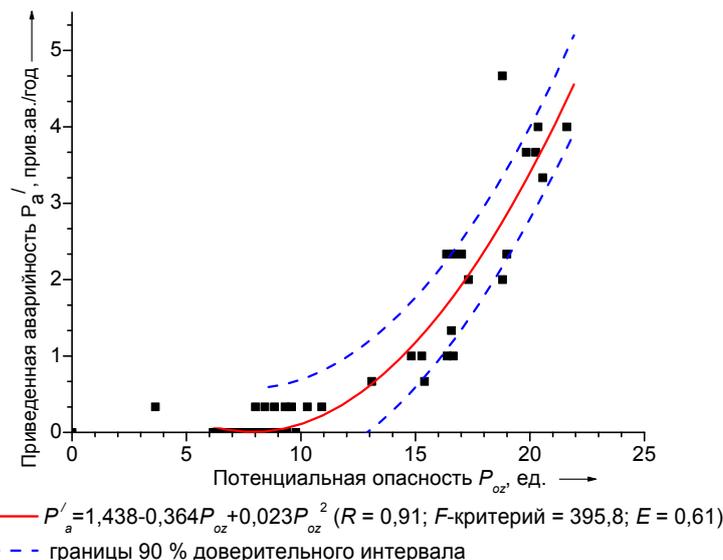


Рисунок 2 – Зависимость приведенной аварийности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» от потенциальной опасности

Следует отметить, что полученные расчетные значения критерия Фишера больше табличных для пороговых объемов выборки и уровня значимости $\gamma = 0,05$. Следовательно, полученные математические модели для определения аварийности по потенциальной опасности адекватно отражают происходящие процессы на исследуемых конфликтных объектах [11].

В результате комплексных исследований установлены зависимости аварийности от потенциальной опасности в различных конфликтах на двух типовых объектах – регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, расположенных в зоне нерегулируемых пешеходных переходов [12-14]. Например, в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» при наличии искусственной неровности пороговое значение потенциальной опасности довольно высокое и значительно выше, чем для других видов конфликта [15, 16]. Это объясняется тем, что при наличии искусственной неровности пешеходы, очевидно, переоценивают свою защищенность и принимают несколько больший риск. Полученные зависимости аварийности от потенциальной опасности являются статистически значимыми и имеют точность, достаточную для практических работ по повышению безопасности дорожного движения и применению в организации дорожного движения [17-20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении [Текст]: монография / Д. В. Капский. - Минск : БНТУ, 2008. - 243 с. + вкл.
2. Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении [Текст] / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский // Москва, Новое знание, 2013. - 244 с.
3. Рябчинский, А. И. Разработка методики прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон в конфликте «поворотный транспорт-пешеход» на основе моделей движения на регулируемом перекрестке [Текст] / А. И. Рябчинский, Д. В. Капский, П. А. Пегин // Транспорт Вестник ТОГУ. - 2014. - № 4(35). - С. 123-132.
4. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках и нерегулируемых пешеходных переходах в зоне устройства искусственных неровностей [Текст] / Д. В. Капский, А. И. Рябчинский // Междунар. научн. журнал. - 2014. - № 1. - С. 81-87.
5. Капский, Д. В. Зависимости аварийности от потенциальной опасности конфликтных зон [Текст] / Д. В. Капский // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Харьков. - 2012. - С. 67-69.
6. Капский, Д. Применение методов сдерживания скорости в крупных городах [Текст] / Д. Капский, А. Коржова // Transport and Telecommunication Institute. – Riga. - 2006. - P. 144-148.
7. Капский, Д. В. Применение искусственных неровностей типа «спящий полицейский» в зоне нерегулируемых пешеходных переходов [Текст] / Д. В. Капский, А. В. Коржова // ВІСНИК Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - № 4 [211]. - Ч. 1. - Луганск. - 2014. - С. 181-185.
8. Капский, Д. В. Учет «человеческого фактора» в модели определения потенциальной опасности при прогнозировании аварийности по методу «Конфликтных зон» [Текст] / Д. В. Капский // Вестн. тихоокеан. гос. ун-та. - 2012. - № 2 (25). - С. 123-126.
9. Врубель, Ю. А. Исследование аварийности и конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков в зоне искусственных неровностей на пешеходных переходах [Текст] / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот, А. В. Коржова, В. Н. Кузьменко, Д. В. Мозалевский // Системы организации и управления безопасностью дорожного движения: сб. докл. и ст. специализированной целевой конф. Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах». - СПбГАСУ. - 2008. - С. 35-48.
10. Кухаренок, Г. М. Применение искусственных неровностей для повышения безопасности дорожного движения [Текст] / Г. М. Кухаренок, Д. В. Капский, Б. У. Бусел // Вестник Белорусско-Российского университета (машиностроение, электротехника, строительство). - 2011. - № 1 (30). - С. 39-50.
11. Капский, Д. В. Разработка и апробация методик прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» в городских очагах аварийности [Текст] / Д. В. Капский, А. И. Рябчинский // Международный научный журнал. - 2012. - № 4. - С. 81-86.
12. Капский, Д. В. Разработка методик прогнозирования аварийности на различных типовых городских объектах [Текст] / Д. В. Капский // Наука и техника. - 2012. - № 4. - С. 58-63.

13. Капский, Д. В. Эффективность применения искусственных неровностей типа «спящий полицейский» в зоне нерегулируемых пешеходных переходов [Текст] / Д. В. Капский, О. Н. Ларин // Транспорт: наука, техника, управление. - 2014. - № 11. - С. 30-33.

14. Капский, Д. В. Зависимости аварийности от потенциальной опасности конфликтных зон [Текст] / Д. В. Капский // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Харьков. - 2012. - С. 67-69.

15. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности по потенциальной опасности – направления совершенствования [Текст] / Д. В. Капский // Вестник Полоц. государственного университета. - Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. - 2012. - № 11. - С. 67-73.

16. Капский, Д. В. Влияние искусственных неровностей на безопасность дорожного движения [Текст] / Д. В. Капский, С. Н. Карасевич // Вестник НИИАТ. - Москва. - 2013. - С. 23-25.

17. Капский, Д. В. Совершенствование организации дорожного движения в очагах аварийности по критерию минимизации суммарных потерь [Текст] / Д. В. Капский, С. Н. Карасевич // Научн. вест. автомоб. т-та. – М:НИИАТ. - 2014. - Вып.: апрель-июнь. - С. 7-14.

18. Капский, Д. В. Реализация методологии повышения безопасности движения (на примере нерегулируемого пешеходного перехода) [Текст] / Д. В. Капский, А. В. Коржова, В. Н. Кузьменко, Д. В. Мозалевский, А. С. Полховская, Е. Н. Горелик, Н. В. Атюшевская, Ю. К. Шлендик // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. - Материалы XVIII международной научно-практической конференции. - Екатеринбург: АМБ. - 2012. - С. 278-286.

19. Рейцен, Е. А. Условия введения светофорного регулирования на пешеходных переходах, расположенных на перегонах городских улиц [Текст] / Е. А. Рейцен, А. В. Толок // Материалы XVIII международной научно-практической конференции. - Екатеринбург: АМБ. - 2014. - С. 393-399.

20. Капский, Д. В. Внедрение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности [Текст] / Д. В. Капский, А. И. Рябчинский // Наука и техника. - 2013. - № 1. - С. 71-79.

Капский Денис Васильевич

Белорусский национальный технический университет (БНТУ)

Адрес: 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65

Канд. техн. наук, доцент, заведующий Научно-исследовательским центром дорожного движения БНТУ, филиал БНТУ «Научно-исследовательская часть»

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Пегин Павел Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет»

Адрес: 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», декан Факультета переподготовки и повышения квалификации

E-mail: p Pavel.khv@gmail.com

Рябчинский Анатолий Иосифович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ-ГТУ)

Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Организация и безопасности движения»

E-mail: madiobd@mail.ru

D. V. CAPSKIY, P. A. PEGIN, A. I. RYABCHINSKIY

FORECASTING AN EMERGENCY METHOD CONFLICT ZONES TRANSITIONS IN A PEDESTRIAN-DAH IN ZONE HUMPS

Process road traffic in unregulated pedestrian crosswalk located in the area speed humps has substantial specific interaction traffic and pedestrian flows . To account for this specificity is required to study and develop various models predict road accidents in conflict "transport– transport " and " transit transport – pedestrian". This will create a forecasting methodology road accident method of conflict zones for pedestrian crosswalk in the area speed humps, which allows to assess the road accident at the facility at the stage of decision-making.

Keywords: *unregulated pedestrian crosswalk, speed humps, conflict "transport – transport" and "transit transport – pedestrian", the potential danger, forecasting road accident.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kapskiy, D. V. Prognozirovanie avariynosti v dorozhnom dvizhenii [Tekst]: monografiya / D. V. Kapskiy. - Minsk : BNTU, 2008. - 243 s. + vkl.
2. Vrubeľ, YU. A. Opasnosti v dorozhnom dvizhenii [Tekst] / YU. A. Vrubeľ, D. V. Kapskiy // Moskva, Novoe znanie, 2013. - 244 s.
3. Ryabchinskiy, A. I. Razrabotka metodiki prognozirovaniya avariynosti po metodu konfliktnykh zon v konflikte "povorotnyy transport-peshekhod" na osnove modeley dvizheniya na reguliruемом perekrestke [Tekst] / A. I. Ryabchinskiy, D. V. Kapskiy, P. A. Pegin // Transport Vestnik TOGU. - 2014. - № 4(35). - S. 123-132.
4. Kapskiy, D. V. Prognozirovanie avariynosti po metodu konfliktnykh zon na reguliruemykh pere-krestkakh i nereguliruemykh peshekhodnykh perekhodakh v zone ustroystva iskusstvennykh nerovnostey [Tekst] / D.V. Kapskiy, A.I. Ryabchinskiy // Mezhdunar. nauchn. zhurnal. - 2014. - № 1. - S. 81-87.
5. Kapskiy, D. V. Zavisimosti avariynosti ot potentsial'noy opasnosti konfliktnykh zon [Tekst] / D. V. Kapskiy // Transportnye problemy krupneyshikh gorodov: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Har'kov. - 2012. - S. 67-69.
6. Kapskiy, D. Primenenie metodov sderzhivaniya skorosti v krupnykh gorodakh [Tekst] / D. Kapskiy, A. Korzhova // Transport and Telecommunication Institute. - Riga. - 2006. - P. 144-148.
7. Kapskiy, D. V. Primenenie iskusstvennykh nerovnostey tipa "spyashchiy politseyskiy" v zone nereguliruemykh peshekhodnykh perekhodov [Tekst] / D. V. Kapskiy, A. V. Korzhova // VISNIK Skhidnoukrains'kogo natsional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalya. - № 4 [211]. - CH. 1. - Lugansk. - 2014. - S. 181-185.
8. Kapskiy, D. V. Uchet "chelovecheskogo faktora" v modeli opredeleniya potentsial'noy opasnosti pri prognozirovanii avariynosti po metodu "Konfliktnykh zon" [Tekst] / D. V. Kapskiy // Vestn. tikhookean. gos. un-ta. - 2012. - № 2 (25). - S. 123-126.
9. Vrubeľ, YU. A. Issledovanie avariynosti i konfliktnogo vzaimodeystviya transportnykh i peshe-khodnykh potokov v zone iskusstvennykh nerovnostey na peshekhodnykh perekhodakh [Tekst] / YU. A. Vrubeľ, D. V. Kapskiy, E. N. Kot, A. V. Korzhova, V. N. Kuz'menko, D. V. Mozalevskiy // Sistemy organizatsii i upravleniya bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya: sb. dokl. i st. spetsializirovannoy tselevoy konf. Federal'noy tselevoy programmy "Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2006-2012 godakh". - SPbGASU. - 2008. - S. 35-48.
10. Kukhareнок, G. M. Primenenie iskusstvennykh nerovnostey dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / G. M. Kukhareнок, D. V. Kapskiy, B. U. Busel // Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universite-ta (mashinostroenie, elektrotehnika, stroitel'stvo). - 2011. - № 1 (30). - S. 39-50.
11. Kapskiy, D. V. Razrabotka i aprobatsiya metodik prognozirovaniya avariynosti po metodu "Konfliktnykh zon" v gorodskikh ochagakh avariynosti [Tekst] / D. V. Kapskiy, A. I. Ryabchinskiy // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. - 2012. - № 4. - S. 81-86.
12. Kapskiy, D. V. Razrabotka metodik prognozirovaniya avariynosti na razlichnykh tipovykh gorodskikh ob'ektakh [Tekst] / D. V. Kapskiy // Nauka i tekhnika. - 2012. - № 4. - S. 58-63.
13. Kapskiy, D. V. Effektivnost' primeneniya iskusstvennykh nerovnostey tipa "spyashchiy politseyskiy" v zone nereguliruemykh peshekhodnykh perekhodov [Tekst] / D. V. Kapskiy, O. N. Larin // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. - 2014. - № 11. - S. 30-33.
14. Kapskiy, D. V. Zavisimosti avariynosti ot potentsial'noy opasnosti konfliktnykh zon [Tekst] / D. V. Kapskiy // Transportnye problemy krupneyshikh gorodov: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Har'kov. - 2012. - S. 67-69.
15. Kapskiy, D. V. Prognozirovanie avariynosti po potentsial'noy opasnosti - napravleniya sovershenstvovaniya [Tekst] / D. V. Kapskiy // Vestnik Polots. gosudarstvennogo universiteta. - Ser. V, Promyshlennost'. Prikladnye nauki. - 2012. - № 11. - S. 67-73.
16. Kapskiy, D. V. Vliyanie iskusstvennykh nerovnostey na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / D. V. Kapskiy, S. N. Karasevich // Vestnik NIIAT. - Moskva. - 2013. - S. 23-25.
17. Kapskiy, D. V. Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya v ochagakh avariynosti po kriteriyu minimizatsii summarnykh poter' [Tekst] / D. V. Kapskiy, S. N. Karasevich // Nauchn. vest. avtomob. t-ta. - M.:NIIAT. - 2014. - Vyp.: aprel'-iyun'. - S. 7-14.
18. Kapskiy, D. V. Realizatsiya metodologii povysheniya bezopasnosti dvizheniya (na primere nereguliruемого peshekhodnogo perekhoda) [Tekst] / D. V. Kapskiy, A. V. Korzhova, V. N.Kuz'menko, D. V. Mozalevskiy, A. S. Polkhovskaya, E. N. Gorelik, N. V. Atyushevskaya, YU. K. SHlendik // Sotsial'no-ekonomicheskie problemy razvitiya transportnykh sistem gorodov i zon ikh vliyaniya. - Materialy XVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Ekaterinburg: AMB. - 2012. - S. 278-286.
19. Reytsen, E. A. Usloviya vvedeniya svetofornogo regulirovaniya na peshekhodnykh perekhodakh, raspolozhennykh na peregonakh gorodskikh ulits [Tekst] / E. A. Reytsen, A. V. Tolok // Materialy XVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Ekaterinburg: AMB. - 2014. - S. 393-399.

№ 1(48) 2015 (январь-март) Безопасность движения и автомобильные перевозки

20. Kapskiy, D. V. Vnedrenie metodologii povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v gorodskikh ochagakh avariynosti [Tekst] / D. V. Kapskiy, A. I. Ryabchinskiy // Nauka i tekhnika. - 2013. - № 1. - S. 71-79.

Kapski Denis Vasiljevich

Belarusian National Technical University (BNTU)

Address: 220013, g. Minsk, Republic of Belarus, Nezavisimosti av., 65

Ph.D., Associate Professor, Head of the Research Centre National Technical University of traffic, a subsidiary of BNTU "Research Department"

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Ryabchinsky Anatoly Iosifovich

Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI-STU)

Address: 125319, Russia, g. Moscow, Leningrad av., 64

Doctor, Professor, Department "Organization and traffic safety"

E-mail: madiobd@mail.ru

Pegin Pavel Anatolievich

Pacific State University

Address: 680035, Russia, g. Khabarovsk, Tihookeanskaja Street, 136

Doctor, Professor of « Exploitation of motor transport», Dean of the Faculty of retraining and skills

E-mail: ppavel.khv@gmail.com

В августе 2014 года в Издательском центре «Академия» вышел учебник для студентов высших учебных заведений «Информационные технологии на автомобильном транспорте». Учебник написан коллективом ученых МАДИ под редакцией доктора технических наук, заведующего кафедрой «Транспортная телематика» В.М.Власова. В учебнике изложены основные элементы современных систем телематики на автомобильном транспорте, включая спутниковую навигацию, мобильную связь и геоинформатику. Изложена государственная политика России в области телематики на автомобильном транспорте. Подробно изложены основные направления развития и использования телематических систем на пассажирском и грузовом автомобильном транспорте, в дорожном хозяйстве. Описаны современные информационные системы предприятий автомобильного транспорта. Дается характеристика бортового телематического оборудования, применяемого в данных системах.

Учебник содержит ряд приложений, включающих типовые технические требования к бортовому телематическому оборудованию, перечень нормативных документов в области телематических систем на автомобильном транспорте.

Учебник поступил в отделы учебной литературы книжных магазинов, а также реализуется через отдел сбыта издательства.



СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ПЕРЕВОЗКАМИ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

В статье рассматриваются современные подходы к управлению грузоперевозками. Определены основные традиционные математические методы принятия решений в перевозочном процессе и указаны их недостатки. Рассмотрен ситуационный подход, который основывается на необходимости адекватного реагирования автотранспортной системы на возникающие события при осуществлении транспортного процесса. На основе системного подхода процесс перевозки грузов автомобильным транспортом представлен в структурированном виде. Определены перспективы развития систем управления грузоперевозками.

Ключевые слова: *грузовые перевозки, система управления, модель, автомобильный транспорт, ситуационный подход, системный подход.*

Автомобильные грузоперевозки играют важную роль в экономике страны. Ежегодно возрастает объем грузов, которые необходимо перемещать из одной точки в другую. Особенностью России является высокая доля транспортных издержек в стоимости товара. Это следствие неэффективности логистических бизнес-процессов. Нерационально спланированные маршруты и отсутствие контроля транспорта существенно увеличивает расходы предприятий. Поскольку в Российской Федерации наблюдается дефицит специалистов в области логистики, то задача оптимизации расходов на автопарк, в последние годы, решается с помощью внедрения на предприятиях систем спутникового мониторинга автомобилей на основе ГЛОНАСС.

В условиях растущей конкуренции транспортных компаний на первый план выходят задачи создания и совершенствования методов оперативного управления перевозками грузов автомобильным транспортом. Управление в широком смысле представляет собой целенаправленное воздействие на любой объект или процесс, в результате которого происходит как качественное, так и количественное изменение переменных, определяющих состояние объекта или процесса, и достигаются определенные цели. Основными функциями управления являются: планирование, оперативное управление, учет и контроль. Цель оперативного управления (ситуационного менеджмента) - реализация оперативных планов и реагирование на отклонения в их исполнении. В случае отклонения показателей деятельности от запланированных, принимаются оперативные управленческие меры. Управление ориентировано на обеспечение основных групп показателей качества по характеризующим ими свойствам грузовых перевозок:

- показатели своевременности выполнения перевозки;
- показатели сохранности перевозимых грузов;
- экономические показатели.

С середины XX века интенсивно развивались подходы к управлению и планированию работы транспорта, основанные на методах математического программирования. Эти методы характеризуются наличием жестких формальных ограничений в области выбора факторов и их связей и допускают оптимизацию системы только по одному критерию.

Традиционные математические методы принятия решений доказали свою жизнеспособность и практическую значимость для решения целого ряда задач управления перевозками:

- закрепление потребителей за поставщиками однородного или аналогичного груза;

- закрепление клиентов за автотранспортными предприятиями;
- определение очередности объезда пунктов на маршруте;
- распределение парка подвижного состава по видам перевозок;
- расчет часовых графиков, определение кратчайших расстояний на дорожной сети;
- расчет рациональных маршрутов движения подвижного состава.

Поскольку на перевозочный процесс оказывают влияние случайные возмущающие воздействия, то появляется потребность в использовании инструментария теории массового обслуживания. Одна из основных задач теории заключается в определении таких характеристик системы, которые обеспечивают заданное качество функционирования, например, минимум времени ожидания, минимум средней длины очереди[20].

Представленные методы позволяют решать технологические задачи узкой направленности, которые не могут устранить неопределенность целей и критериев перевозочного процесса и не оптимальные схемы организационных структур. В ряде случаев решение одной, наиболее важной задачи, не позволяет обеспечить улучшения параметров функционирования автотранспортной системы в целом [8].

Эти обстоятельства определяют необходимость создания методов управления автомобильными перевозками, которые не будут иметь указанных выше недостатков.

К перспективным можно отнести ситуационный подход, который основывается на необходимости адекватного реагирования автотранспортной системы на возникающие ситуации при осуществлении транспортного процесса. В настоящее время фундаментально разработанной является методика ситуационного управления на основе семиотических моделей. Решены теоретические и методические вопросы подготовки информационного, математического и программного обеспечения. В качестве методологической основы используется выявление конкретных закономерностей человеческого мышления и их формальное описание. Программный комплекс формирует по ряду признаков ситуацию и определяет ее место в одном из классов типовых решений. При этом предполагается, что практически неограниченному множеству реальных ситуаций соответствует конечное число стандартных решений [8, 18].

Опираясь на системный подход, как один из основополагающих принципов логистики, процесс перевозки грузов автомобильным транспортом можно представить в виде системы, входами которой являются потребность в перевозках и наличие определенного типа, числа и технического состояния подвижного состава, а выходом – своевременная доставка грузов в пункты назначения [16]. Графически схема такой системы представлена на рисунке 1.

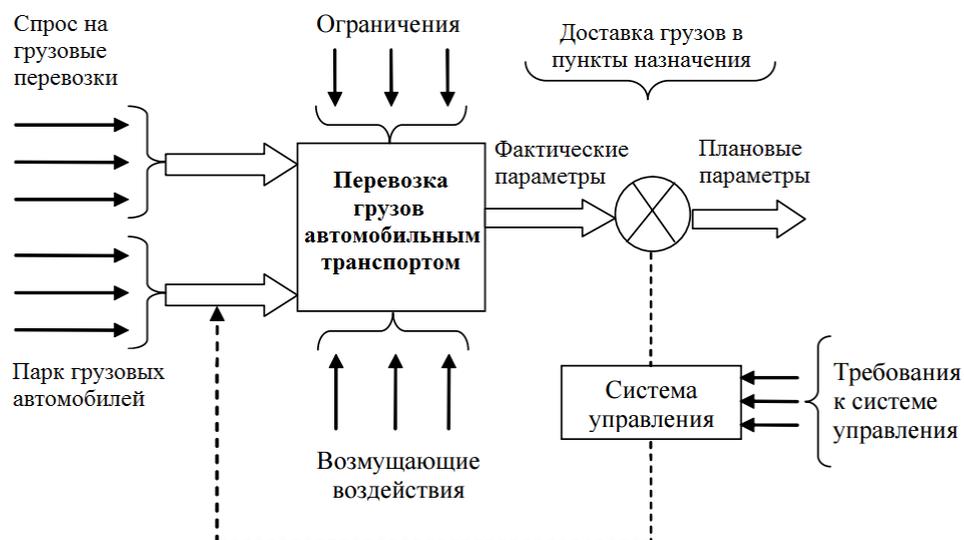


Рисунок 1 - Структурная схема управления процессом автомобильных грузоперевозок

Спрос на грузовые перевозки обуславливается быстрым ритмом жизни современного общества, новым характером экономических процессов, требующим непрерывного товарооборота, и тесными транспортными связями между странами и континентами. Обмен товарами и услугами дает возможность получать прибыль. Высокий спрос на грузоперевозки формируется также благодаря сети Интернет, которая обеспечивает свободный доступ ко многим информационным ресурсам и значительно упрощает общение между участниками процесса грузоперевозки.

Парк грузовых автомобилей должен состоять из современной и эффективной техники. Он объединяет все востребованные направления рынка грузоперевозок и подразделяется на несколько видов:

- малые грузовики для доставки небольших грузов до 1 тонны (развозные или доставочные автомобили);
- небольшие развозные пикапы для экономичной перевозки габаритных грузов на большие расстояния;
- средние грузовики для транспортировки грузов 1,5-2,5 тонн с разными типами кузовов, рассчитанных на выполнение различных перевозок (включая специализированные: самосвалы, цистерны и прочие);
- грузовые автомобили для перевозки специальных грузов на дальние расстояния;
- тяжелые быстроходные грузовые автомобили для перевозки объемных грузов весом 15-33 тонн по автомагистралям;
- тяжелые грузовики для перевозки габаритных и крупнотоннажных грузов весом до 45 тонн (самые тяжелые, допускаемые для эксплуатации на автодорогах).

Нормальное функционирование системы возможно только при наличии ограничений, основными из которых являются:

- соблюдение правил дорожного движения, в частности - скоростного режима;
- обеспечение безопасности перевозок;
- соответствие подвижного состава экологическим требованиям.

Возмущающие факторы, действующие на перевозочный процесс можно разделить на контролируемые и неконтролируемые со стороны системы управления.

К контролируемым относятся: маршруты движения, время прибытия и доставки и т.п.

К неконтролируемым относятся: ухудшение метеоусловий, заторы, дорожно-транспортные происшествия на пути следования, ремонтно-строительные работы, изменение нормативной базы, внешнеэкономические условия и прочие факторы, связанные с воздействием внешней среды.

Влияние возмущающих воздействий X на перевозочный процесс приводит к сбоям, обуславливающим ухудшение качества транспортного обслуживания. Их можно охарактеризовать следующими условиями:

$x_{вн} = 0, x_{вв} \neq 0, X = x_{вв}$ - перевозочный процесс нарушен воздействием внутренней среды;

$x_{вн} \neq 0, x_{вв} = 0, X = x_{вн}$ - перевозочный процесс нарушен воздействием внешней среды;

$x_{вн} \neq 0, x_{вв} \neq 0, X = x_{вн} + x_{вв}$ - перевозочный процесс нарушен комбинированным воздействием внешней и внутренней среды;

$x_{вн} = 0, x_{вв} = 0, X = 0$ - перевозочный процесс находится в состоянии динамического равновесия.

Проблемные ситуации, характеризующиеся различием между фактическими и плановыми параметрами методом комбинаторики можно представить в виде сочетания возмущающих факторов, для которых могут быть заранее подготовлены соответствующие сценарии ситуационного управления, предусматривающие конкретные управленческие

решения – изменение количества подвижного состава различных типов, режимов движения, графиков работы и т. д. Как правило, для детерминированных ситуаций разработанные таким образом управленческие решения имеют высокую результативность. Случайные ситуации, для которых также могут быть заранее подготовлены управленческие решения, в большинстве случаев требуют их корректировки в режиме реального времени.

Особую роль играет система управления - систематизированный набор средств сбора сведений о перевозочном процессе и средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения определённых целей.

Система обеспечивает:

- автоматизацию работ по распределению заказов по автомобилям;
- автоматизированный расчет маршрутов доставки заказов;
- визуализацию адресов и маршрутов доставки на электронной карте;
- формирование оптимального порядка объезда точек доставки с возможностью его изменения.

Модели системы управления используют следующие исходные данные:

- рабочее время каждого автомобиля;
- ограничения по количеству точек доставки для автомобилей;
- продолжительность разгрузки заказа в точке доставки.

Данные систематизируются и представляются в виде баз данных:

- автотранспорта с характеристиками каждого а/м;
- точек доставки с адресами и географическими координатами;
- заказов клиентов с количественными характеристиками.



Рисунок 2 – Функции диспетчерского центра

Модели системы управления реализуются с помощью современных программных продуктов, полностью автоматизированы и не требуют участия человека, что позволяет исключить влияние «человеческого фактора».

Итоговыми расчётными данными являются:

- планируемый расход бензина;
- пробег автомобиля;
- время работы каждого автомобиля;
- время прибытия в пункт назначения;
- планируемые затраты;
- потребность в автомобилях.

Требования к системе управления могут быть заданы диспетчерским центром(ДЦ). Современное управление перевозочном процессом основано на применении систем глобальной спутниковой навигации, информация о координатах местоположения подвижных объектов, показания датчиков, сигналы тревоги, путевые и аппаратные события, текстовые сообщения передаются в диспетчерские центры, где сохраняется в базах данных для последующего анализа. Для хранения данных используются промышленные Системы управления Базами данных (СУБД).

ДЦ принимает, обобщает и обрабатывает данные о местах расположения, технических параметрах, формирует отчеты о маршрутах движения транспортных средств.

Таким образом, процесс управления грузовыми перевозками является сложной и многокритериальной задачей, от решения которой зависит один из основных показателей - качество перевозок. Совокупность наиболее существенных натуральных свойств транспортной продукции, обуславливающих степень её пригодности своевременно и наиболее полно удовлетворять потребности производства и населения страны. Сущность качества перевозок, как и любой другой продукции, заключается в её потребительской стоимости: одинаковая по назначению перевозка способна в разной степени удовлетворять необходимую потребность, т. е. иметь разное качество. Если качество перевозок улучшается в интересах потребителя, то показатели качества приобретают стоимостную форму, следовательно, сущность показателя заключается не только в потребительской стоимости, но и в реальной стоимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Затворницкий, А. П. Алгоритм оценки экономической эффективности плана перевозок с учётом неопределённости времени доставки и обслуживания [Текст] / А. П. Затворницкий // Системы управления и информационные технологии. - 2006. - Т.24. - № 2.1. - С. 141-144.
2. Белокуров, В. П. Выбор решений на итерациях поиска в численных векторных схемах при моделировании транспортных систем [Текст] / В. П. Белокуров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 76. - С. 574-583.
3. Новиков, А. Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А. Н. Новиков, С. Ю. Радченко, А. Л. Севостьянов, А. С. Бодров, А. А. Катунин, В. В. Жуков, А. П. Трясцин, Д. О. Ломакин, М. В. Кулев, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 4. - С. 69-77.
4. Затворницкий, А. П. Алгоритм поиска оптимального пути в дорожной сети, в условиях неопределённости [Текст] / В. Е. Межов, А. П. Затворницкий, О. Н. Черкасов // Транспортное дело России. - 2006. - Т. 7. - С. 32.
5. Затворницкий, А. П. Комплексование и особенности реализации типового программно-технического комплекса управления автотранспортными перевозками [Текст] / О. Н. Черкасов, А. П. Затворницкий // Транспортное дело России. - 2006. - № 6. - С. 18.
6. Затворницкий, А. П. Критерий оптимизации плана перевозок, учитывающий вероятностный характер перевозочного процесса [Текст] / А. П. Затворницкий // Информационные технологии моделирования и управления. - 2006. - № 5(30). - С. 584-588.

№ 1(48) 2015 (январь-март) Безопасность движения и автомобильные перевозки

7. Затворницкий, А. П. Критерий оценки экономической эффективности плана перевозок с учётом неопределённости времени доставки и обслуживания [Текст] / А. П. Затворницкий, О. Н. Черкасов // Транспортное дело России. - 2006. - № 7. С. 48.
8. Курганов, В. М. Логистика. Управление автомобильными перевозками [Текст]: практический опыт / В. М. Курганов. - Москва, 2007.
9. Баранов, Ю. Н. Основы обеспечения безопасности в системе «ЧЕЛОВЕК - МАШИНА - СРЕДА» [Текст] / Ю. Н. Баранов, А. А. Катунин, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. - 2014. - № 1(19). - С. 73-76.
10. Новиков, А. Н. Перевозки как наука [Текст] / А. Н. Новиков, П. Пржибыл, А. А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 3(46). - С. 96-109.
11. Баранов, Ю. Н. Повышение конкурентоспособности инновационной экономики региона [Текст]: коллективная монография / Г. С. Мигунова, Н. В. Ивлева, Э. В. Панков, В. В. Матвеев, Е. С. Филонова, Ю. Н. Баранов, Г. И. Перова, Г. Н. Мамаева, Е. П. Лидинфа, Ю. П. Соболева, С. В. Симонов, Л. И. Малявкина, С. В. Баранова. - Орел, 2012.
12. Новиков, А. Н. Построение модели функционирования маршрута троллейбуса [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4 (39). - С. 80-87.
13. Новиков, А. Н. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 1 (40). - С. 85-90.
14. Белокуров, В. П. Принятие оптимальных решений в технологии транспортных процессов [Текст]: учеб. пособие / В. П. Белокуров, С. В. Белокуров, Г. А. Денисов, Н. И. Злобина, Э. Н. Бусарин. - Воронеж, 2013.
15. Власов, В. М. Развитие корпоративных систем диспетчерского управления и обеспечения безопасного функционирования наземных транспортных средств на базе навигационных приемников ГЛОНАСС/GPS [Текст] / В. М. Власов // Автотранспортное предприятие. - 2008. - № 6. - С. 2-5.
16. Рассоха, В. И. Ситуационное управление автотранспортными системами. схема и сценарии управления городским пассажирским транспортом [Текст] / В. И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2010. - № 4 (110). - С. 142-146.
17. Курганов, В. М. Ситуационное управление автомобильными перевозками [Текст]: монография / В. М. Курганов. - Москва: М-во образования Рос. Федерации. Моск. автомобил.-дорож. ин-т (Гос. техн. ун-т). - 2003.
18. Рассоха, В. И. Ситуационное управление городским пассажирским транспортом [Текст] / В. И. Рассоха, Е. В. Бондаренко // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2010. - № 2. - С. 86-91.
19. Новиков, А. Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А. Н. Новиков, В. А. Голенков, Ю. Н. Баранов, А. А. Катунин, А. С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.
20. Курганов, В. М. Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода [Текст]: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Курганов В. М. - М., 2004.

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»

E-mail: novikovan@ostu.ru

Катунин Андрей Александрович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: katunin57@gmail.com

Семкин Александр Николаевич

ЗАО «Группа компаний Навигатор»

Генеральный директор

Адрес: 302006, Россия, г. Орел, ул. Московская, 155

E-mail: nvg@ntcnvg.ru

CONTEMPORARY APPROACHES TO MANAGING ROAD FREIGHT TRANSPORT

This article reviews current approaches to managing freight. The main traditional mathematical methods of decision-making in the transportation process and identifies their shortcomings. Considered situational approach, which is based on the need to respond adequately to the road transport system to emerging developments in the implementation of the transport process. Based on the system approach the process of transportation of goods by road is presented in a structured form. The prospects of development of systems of freight management.

Keywords: freight transportation, management system, model, motor transport, situational approach, system approach.

BIBLIOGRAPHY

1. Zatornitskiy, A. P. Algoritm otsenki ekonomicheskoy effektivnosti plana perevozok s uchiyotom neopredelennosti vremeni dostavki i obsluzhivaniya [Tekst] / A. P. Zatornitskiy // Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii. - 2006. - T.24. - № 2.1. - S. 141-144.
2. Belokurov, V. P. Vybora resheniy na iteratsiyakh poiska v chislennykh vektornykh skhemakh pri modelirovaniy transportnykh sistem [Tekst] / V. P. Belokurov // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - № 76. - S. 574-583.
3. Novikov, A. N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A. N. Novikov, S. YU. Radchenko, A. L. Sevost'yanov, A. S. Bodrov, A. A. Katunin, V. V. Zhukov, A. P. Tryastin, D. O. Lomakin, M. V. Kulev, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 4. - S. 69-77.
4. Zatornitskiy, A. P. Algoritm poiska optimal'nogo puti v dorozhnoy seti, v usloviyakh neopredelennosti [Tekst] / V. E. Mezhev, A. P. Zatornitskiy, O. N. Cherkasov // Transportnoe delo Rossii. - 2006. - T. 7. - S. 32.
5. Zatornitskiy, A. P. Kompleksirovanie i osobennosti realizatsii tipovogo programmno-tekhnicheskogo kompleksa upravleniya avtotransportnymi perevozkami [Tekst] / O. N. Cherkasov, A. P. Zatornitskiy // Transportnoe delo Rossii. - 2006. - № 6. - S. 18.
6. Zatornitskiy, A. P. Kriteriy optimizatsii plana perevozok, uchityvayushchiy veroyatnostnyy kharakter perevozochnogo protsessa [Tekst] / A. P. Zatornitskiy // Informatsionnyye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya. - 2006. - № 5(30). - S. 584-588.
7. Zatornitskiy, A. P. Kriteriy otsenki ekonomicheskoy effektivnosti plana perevozok s uchiyotom neopredelennosti vremeni dostavki i obsluzhivaniya [Tekst] / A. P. Zatornitskiy, O. N. Cherkasov // Transportnoe delo Rossii. - 2006. - № 7. S. 48.
8. Kurganov, V. M. Logistika. Upravlenie avtomobil'nymi perevozkami [Tekst]: prakticheskiy opyt / V. M. Kurganov. - Moskva, 2007.
9. Baranov, YU. N. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme "CHELOVEK - MASHINA - SREDA" [Tekst] / YU. N. Baranov, A. A. Katunin, R. V. Shkrabak, YU. N. Braginets // Vestnik NTSBZHD. - 2014. - № 1(19). - S. 73-76.
10. Novikov, A. N. Perevozki kak nauka [Tekst] / A. N. Novikov, P. Przhibyl, A. A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 3(46). - S. 96-109.
11. Baranov, YU. N. Povyshenie konkurentosposobnosti innovatsionnoy ekonomiki regiona [Tekst]: kollektivnaya monografiya / G. S. Migunova, N. V. Ivleva, E. V. Pankov, V. V. Matveev, E. S. Filonova, YU. N. Baranov, G. I. Perova, G. N. Mamaeva, E. P. Lidinfa, YU. P. Soboleva, S. V. Simonov, L. I. Malyavkina, S. V. Baranova. - Orel, 2012.
12. Novikov, A. N. Postroenie modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 80-87.
13. Novikov, A. N. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost'yanov, A. A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 1 (40). - S. 85-90.
14. Belokurov, V. P. Prinyatie optimal'nykh resheniy v tekhnologii transportnykh protsessov [Tekst]: ucheb. posobie / V. P. Belokurov, S. V. Belokurov, G. A. Denisov, N. I. Zlobina, E. N. Busarin. - Voronezh, 2013.

№ 1(48) 2015 (январь-март) Безопасность движения и автомобильные перевозки

15. Vlasov, V. M. Razvitie korporativnykh sistem dispatcherskogo upravleniya i obespecheniya bezopasnogo funktsionirovaniya nazemnykh transportnykh sredstv na baze navigatsionnykh priemnikov GLONASS/GPS [Tekst] / V. M. Vlasov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2008. - № 6. - S. 2-5.

16. Rassokha, V. I. Situatsionnoe upravlenie avtotransportnymi sistemami. skhema i stsenarii upravleniya gorodskim passazhirskim transportom [Tekst] / V. I. Rassokha // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2010. - № 4 (110). - S. 142-146.

17. Kurganov, V. M. Situatsionnoe upravlenie avtomobil'nymi perevozkami [Tekst]: monografiya / V. M. Kurganov. - Moskva: M-vo obrazovaniya Ros. Federatsii. Mosk. avtomobil.-dorozh. in-t (Gos. tekhn. un-t). - 2003.

18. Rassokha, V. I. Situatsionnoe upravlenie gorodskim passazhirskim transportom [Tekst] / V. I. Rassokha, E. V. Bondarenko // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2010. - № 2. - S. 86-91.

19. Novikov, A. N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A. N. Novikov, V. A. Golenkov, YU. N. Baranov, A. A. Katunin, A. S. Bodrov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2014. - № 6. - S. 128-139.

20. Kurganov, V. M. Upravlenie avtomobil'nymi perevozkami na osnove situatsionnogo podkhoda [Tekst]: Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk / Kurganov V. M. - M., 2004

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Address: 302030, Russia, g. Orel, ul. Moscow, 77

Dr. Sci. Sciences, Professor, Head. Chair of "Service and repair of machinery"

E-mail: novikovan@ostu.ru

Katunin Andrey Aleksandrovich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Address: 302030, Russia, g. Orel, ul. Moscow, 77

Candidate of Science, Associate Professor of "Service and repair of machinery"

E-mail: katunin57@gmail.com

Semkin Alexander Nikolaevich

ZAO "Group Navigator"

CEO

Address: 302006, Russia, g. Orel, ul. Moscow, 155

E-mail: nvg@ntcnvg.ru

**Продолжается подписка на журнал
«Мир транспорта и
технологических машин»**

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

УДК 74.584.

Г. В. БУКАЛОВА

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АППАРАТ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ОСНОВЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО НОРМИРОВАНИЯ

Авторы обращаются к проблеме методологических установок внутривузовской нормативной регуляции результата высшего профессионального образования технического профиля. В статье представлены методологические основания анализа производственной деятельности технического профиля, выполняемого с целью выявления содержательной основы нормирования результата инженерного образования. Обосновывается состав структурных элементов анализа профильной социально-профессиональной среды.

Ключевые слова: норма результата профессионального образования технического профиля, компетентность выпускника вуза, образовательные нормативы (компетенции), методологические установки, профессиональная подготовка.

Технико-технологический прогресс динамично преобразует производственную деятельность в области автотранспортного комплекса. В силу этого в производственной сфере автотранспортного профиля и академической среде сложилось осознание необходимости изменений в организации инженерно-технического образования и готовность принять их [1], [2], [3], [4]. Средством гармонизации интересов профильной производственной сферы, личности и общества законодательно избрана стандартизация профессионального образования. Законодательное введение государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования свидетельствует о формировании в отечественной инженерной школе новой культуры – культуры стандартизации. Основной структурной составляющей стандартизации образования выступает образовательное нормирование – нормативное формирование содержания результата профессионального образования [5]. Нормирование результата образования в компетентностном формате – это обновленный способ задания образовательных целей нового типа в виде компетенций выпускника вуза. Образовательная норма – декларируемая вузом профессиональная компетентность выпускника по данному направлению (специальности). Соответственно этому, образовательная норма, представляемая в виде компетентностной модели выпускника вуза, – это информационный носитель требований сферы профильного производства и общества к результату профессионального образования.

Ведущей задачей, стоящей перед современной высшей школой технического профиля, признается достижение соответствия результатов профессионального образования требованиям производственной практики к персоналу, должностные позиции которого соответствуют первым годам профильной трудовой деятельности выпускников вуза [6], [7]. Указанная задача обуславливается наличием определенного рассогласования между содержанием профессиональной подготовки, обеспечиваемой вузом, и потребностями современного производства. Данное рассогласование, в немалой степени обуславливается недостаточным реагированием на технико-технологические изменения традиционно организованной образовательной системы вуза. Очевидно, целесообразным способом преодоления указанного рассогласования представляется системное изучение актуальных требований, предъявляемых профильной производственной практикой, к профессиональной подготовке будущих инженерно-технических работников.

Таким образом, проблема разработки системно-методологических оснований анализа профильной производственной деятельности с целью выявления содержательной основы образовательного нормирования актуализируется потребностью образовательной практики. В виду этого методологическое знание рассматривается как практико-ориентированное, прикладное, процессуальное, составляющее основу результативной педагогической практики.

Содержание инженерно-технической деятельности формируется актуальными потребностями производства. Производственная деятельность несет в себе особым образом организованную информацию о требованиях, определяющих ее содержание. Результаты изучения профильной производственной деятельности, в свою очередь, составляют основу для нормирования результата профессиональной подготовки по данному направлению (специальности). Результат профессиональной подготовки выпускника вуза характеризуется совокупностью компетенций (образовательных нормативов), которыми должен овладеть студент в течение периода обучения в вузе [8]. Таким образом, профессиональная компетентность выпускника вуза технического профиля, отражаемая некой совокупной образовательной нормой, задается требованиями практической профильной инженерной деятельности. В ходе образовательного нормирования (разработки нормы результата профессионального образования) целесообразным представляется последовательное формирование двух типов моделей: модели *деятельности специалиста* профильного производства и модели *результата профессиональной подготовки* выпускника вуза. При этом модель практической деятельности специалиста рассматривается как основа для определения концептуальной схемы модели профессиональной подготовки выпускника вуза. Обоснованием необходимости выделения моделей двух типов может служить то, что эти модели имеют различное предназначение. Назначение модели производственной деятельности специалиста представляется состоящим в полном и обоснованном отражении видов деятельности определенного профиля, совокупности производственных проблем и задач, решаемых исполнителями соответствующих должностей. Однако модель производственной деятельности специалиста не может быть непосредственно использована в ходе образовательного процесса в силу того, что не содержит соответствующим образом *педагогически конкретизированных* структурных составляющих образовательной нормы – образовательных нормативов (компетенций выпускника вуза). Модель же выпускника вуза обеспечивает перевод сведений, представляемых моделью производственной деятельности, в совокупную образовательную норму, отражая при этом необходимые элементы обучения и воспитания.

Общеизвестно, что производственная деятельность инженерно-технического работника автотранспортного профиля является сложным образованием, которое характеризуется совокупностью многочисленных составляющих. Ввиду этого необходимо отметить сложность и определенную противоречивость задачи выявления составляющих данной производственной деятельности. Однако, сугубо практический подход к решению этой задачи позволяет оптимизировать ее решение в результате точной ориентации на выявление именно совокупности компетенций, сформированность которых может обеспечить выпускнику вуза эффективное осуществление его будущих производственных функций. Профильная производственная деятельность при этом анализируется как источник сведений, необходимых для разработки образовательных нормативов в форме совокупности компетенций выпускника вуза, прошедшего подготовку по данному направлению (специальности). Получение необходимого объема сведений обуславливается формированием соответствующей схемы анализа профильной производственной деятельности, что и обеспечивает объективную достоверность искомой модели.

В деятельности автотранспортного профиля, как и в любой другой профессиональной деятельности, принято выделять три основных аспекта: профессиональный, морально-этический и социальный [9], [10], [11]. Каждый из этих аспектов в процессе анализа производственной деятельности инженерно-технического работника представляется как условно автономный [12]. В образовательном нормировании, связанном с определением результата

профессиональной подготовки по автотранспортному направлению (специальности), указанные аспекты производственной деятельности должны получить свое отражение в виде нормативно установленных компетенций выпускника вуза. Однако, эффективность как производственной, так и образовательной деятельности во многом обуславливается *взаимосвязью* указанных выше аспектов. Структурное представление аспектов производственной деятельности в данном случае рассматривается лишь в качестве методического приема, обеспечивающего полноту определения содержания образовательной деятельности в соответствии с деятельностью профессиональной. При такой постановке вопроса структурность анализируемой профессиональной деятельности может быть представлена наиболее наглядно.

Известно, что производственная деятельность осуществляется в определенной социально-профессиональной среде. Соответственно этому определенные особенности производственной деятельности могут быть выявлены на основании анализа социально-профессиональной среды типичных предприятий автотранспортного комплекса. Структура социально-профессиональной среды технического профиля представляется на макросоциальном и микросоциальном уровнях [9]. Макросоциальный уровень профессиональной деятельности включает в себя факторы, характеризующие в основном региональными особенностями производственной сферы данного профиля. К факторам такого вида относятся следующие: географический, экологический, демографический, социокультурный. Осуществление трудоустройства выпускников вуза, прошедших подготовку по данному направлению (специальности), обычно предполагается на предприятиях одного профиля деятельности, но различных типов. Например, трудоустройство студентов, обучавшихся в «Госуниверситете – УНПК» по направлению «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», предполагается в сфере производственной деятельности автотранспортного комплекса. При этом будущие места работы возможны на предприятиях различного типа: станциях технического обслуживания автотранспортных средств; автотранспортных предприятиях, осуществляющих перевозочную деятельность различных видов; предприятиях торговли автомобилями и запасными частями; автозаправочных станциях. В соответствии с этим, важными для анализа производственной деятельности предстают элементы, отражающие микросоциальный уровень данной социально-профессиональной среды. В то время, как макросоциальный уровень социально-производственной среды соответствует особенностям региона, микросоциальный уровень обуславливается рамками предприятий определенного типа. Структура микросоциального уровня состоит из следующих элементов: технического, технологического, организационного, социально-психологического [9]. Анализ производственной деятельности на микросоциальном уровне может обеспечить достаточно объективное выявление особенностей профессиональной деятельности, характерных для предприятий конкретного профиля. Необходимо заметить, что для производственной деятельности предприятий различных типов актуальны различные элементы микросоциального уровня. Например, для автообслуживающего предприятия наиболее актуальными будут технический и технологический элементы. Для предприятия, осуществляющего торговлю автомобильными запасными частями – экономический и социально-психологический, поскольку особо важным является способность работника к продуктивному влиянию на покупателя. Обобщая сказанное, можно отметить, что начальным этапом, отправной точкой построения модели профессиональной деятельности является определение элементов социально-профессиональной среды, соответствующей этой деятельности. При этом важно получение максимально объективных сведений, так как именно уровень их объективности обеспечит актуальность формируемых образовательных нормативов – профессиональных компетенций выпускника вуза.

Профессиональную деятельность, с учетом разделения ее структуры на указанные выше уровни анализа условно можно представить в виде ядреной модели. При этом «ядро»

модели соответствует операциональной составляющей анализируемой профильной профессиональной деятельности. Элементы модели, «охватывающие» ее ядро, последовательно отражают уровни социально-профессиональной среды: микросоциальный и регионально-социальный (макросоциальный уровень). Каждый из указанных элементов модели является также сложным образованием, характеризующимся определенной структурой. Структуру ядра данной модели можно представить состоящей из следующих элементов: видов деятельности работника данного профиля; трудовых функций, выполняемых им; решаемых им производственных проблем. На основе представленных выше структурных составляющих возможно определение конкретных элементов анализируемой профессионально-социальной производственной деятельности. Сопоставление отдельных элементов различных структурных составляющих модели профессиональной деятельности обеспечивает возможность для выявления существенных связей между ними. Так, анализ содержания регионального элемента структурной составляющей модели «макросоциальный уровень» позволяет выявить особенности профильной производственной деятельности, которые характерны именно для данного региона. Эти сведения, в свою очередь, составляют основу для определения содержания структурной составляющей ядра модели – «виды определенной деятельности». На базе этих сведений устанавливается содержание производственных функций, выполняемых работником. Таким образом, возможно достаточно детальное моделирование структуры профессиональной деятельности в ее эмпирическом представлении.

В ходе образовательного нормирования модель производственной деятельности специалиста выполняет функцию методологического аппарата анализа структуры и содержания социальных и профессиональных аспектов этой деятельности [8]. Очевидно, что в основе процесса формирования данной модели должны быть заложены определенные методологические принципы, выполнение которых обеспечивало бы стабильное достижение целей ее функционирования. Одно из основных условий эффективного функционирования рассматриваемой модели – это ее достаточно полное соответствие, адекватность анализируемой производственной реальности [8]. На основании этого положения можно отметить, что значимой задачей является достижение адекватного соответствия между анализируемой производственной деятельностью и содержанием формируемой модели. Эффективность использования модели производственной деятельности в образовательном нормировании в значительной степени обуславливается динамичностью ее изменения в соответствии с изменениями производственной практики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панина, Т. С. Инновационной экономике - новую модель профессионального образования [Текст] / Т. С. Панина, Н. Павельева, С. А. Дочкин // Профессиональное образование. Столица. - 2010. - № 1. - С. 37-39.
2. Сазонова, З. С. Интеграция образования, науки и производства как методологическое основание подготовки современного инженера: дис. ... д-ра пед. наук. 13.00.01 / Сазонова Зоя Сергеевна. - Казань, 2008. - 440 с.
3. Серов, В. Г. Актуальность профессиональной подготовки для малого бизнеса [Текст] / В. Г. Серов // Актуальные вопросы современной науки: сб. науч. трудов. – Новосибирск: СИБ ПРИНТ. - 2010. - С. 87-92.
4. Солодовникова, О. М. Формирование компетенций элитного технического специалиста [Текст] / О. М. Солодовникова, О. М. Замятина, П. И. Мозгалева, М. В. Лычаева // Профессиональное образование в России и за рубежом. - 2013. - № 11. - С. 65-71.
5. Байденко, В. И. Образовательный стандарт. Опыт системного исследования [Текст]: монография / В. И. Байденко. – Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 1999. – 440 с.
6. Бордовская, Н. В. Вызовы времени и новые модели развивающей образовательной среды [Текст] / Н. В. Бордовская // Человек и образование. - 2013. - № 2 (35). - С. 4-11.
7. Елабиия, Л. В. Формирование культуры профессиональной деятельности будущего специалиста на основе компетентностного подхода (методология, теория, практика): автореф. дисс. ... д-ра пед. наук / Л. В. Елабина. – Челябинск: Южно-УралГУ, 2009. – 41 с.
8. Любимова, О. В. Основы образовательной стандартологии и нормологии [Текст]: монография / О. В. Любимова, О. Ф. Шихова. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2009. – 184 с.
9. Иванов, Н. И. Философские проблемы инженерной деятельности: Теоретические и

методологические аспекты [Текст] / Н. И. Иванов. – Тверь: ТГТУ, 1995. – 100 с.

10. Белоновская, И. Д. Формирование инженерной компетентности специалиста в условиях университетского комплекса: автореф. дисс. ... д-ра пед. наук / И. Д. Белоновская. – Оренбург: ОрГУ, 2006. – 41 с.

11. Российский работник: образование, профессия, квалификация [Текст]: монография / под ред. В. Е. Гимпельсона, Р. И. Капелюшниковой. – Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 574с.

Букалова Галина Васильевна

ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Канд. пед. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

G. V. BUKALOVA

METHODOLOGICAL APPARATUS ANALYSIS OF OPERATIONS AS A SUBSTANTIAL BASIS EDUCATIONAL NORMALIZATION

The authors address the problem of methodological orientations intrahigh nor-regulation-setting result of higher professional education of technical profile. The article presents the methodological basis of the analysis of production activities of technical profile, performed in order to identify the content of wasps nova valuation result of engineering education. Substantiates the composition-structure-temperature profile element analysis of social and professional environment.

Keywords: normal result of vocational education technical profile, the competence of the graduates, educational standards (competence), methodological installation, training.

BIBLIOGRAPHY

1. Panina, T. S. Innovatsionnoy ekonomike - novuyu model' professional'nogo obrazovaniya [Tekst] / T. S. Panina, N. Pavel'eva, S. A. Dochkin // Professional'noe obrazovanie. Stolitsa. - 2010. - № 1. - S. 37-39.
2. Sazonova, Z. S. Integratsiya obrazovaniya, nauki i proizvodstva kak metodologicheskoe osnovanie podgotovki sovremennoy inzhenera: dis. ... d-ra ped. nauk. 13.00.01 / Sazonova Zoya Sergeevna. - Kazan', 2008. - 440 s.
3. Serov, V. G. Aktual'nost' professional'noy podgotovki dlya malogo biznesa [Tekst] / V. G. Serov // Aktual'nye voprosy sovremennoy nauki: sb. nauch. trudov. - Novosibirsk: SIB PRINT. - 2010. - S. 87-92.
4. Solodovnikova, O. M. Formirovanie kompetentsiy elitnogo tekhnicheskogo spetsialista [Tekst] / O. M. Solodovnikova, O. M. Zamyatina, P. I. Mozgaleva, M. V. Lychaeva // Professional'noe obrazovanie v Rossii i za rubezhom. - 2013. - № 11. - S. 65-71.
5. Baydenko, V. I. Obrazovatel'nyy standart. Opyt sistemnogo issledovaniya [Tekst]: monografiya / V. I. Baydenko. ? Novgorod: NovGU im. YAroslava Mudrogo, 1999. - 440 s.
6. Bordovskaya, N. V. Vyzovy vremeni i novye modeli razvivayushchey obrazovatel'noy sredy [Tekst] / N. V. Bordovskaya // Chelovek i obrazovanie. - 2013. - № 2 (35). - S. 4-11.
7. Elabina, L. V. Formirovanie kul'tury professional'noy deyatel'nosti budushchego spetsialista na osnove kompetentnogo podkhoda (metodologiya, teoriya, praktika): avtoref. diss. ... d-ra ped. nauk / L. V. Elabina. - Cheljabinsk: YUzhno-UralGU, 2009. - 41 s.
8. Lyubimova, O. V. Osnovy obrazovatel'noy standartologii i normologii [Tekst]: monografiya / O. V. Lyubimova, O. F. Shikhova. - Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2009. - 184 s.
9. Ivanov, N. I. Filosofskie problemy inzhenernoy deyatel'nosti: Teoreticheskie i metodologicheskie aspekty [Tekst] / N. I. Ivanov. - Tver': TGTU, 1995. - 100 s.
10. Belonovskaya, I. D. Formirovanie inzhenernoy kompetentnosti spetsialista v usloviyakh universitetskogo kompleksa: avtoref. diss. ... d-ra ped. nauk / I. D. Belonovskaya. - Orenburg: OrGU, 2006. - 41 s.
11. Rossiyskiy rabotnik: obrazovanie, professiya, kvalifikatsiya [Tekst]: monografiya / pod red. V. E. Gimpel'sona, R. I. Kapelyushnikova. - Nats. issled. un-t "Vysshaya shkola ekonomiki". - M.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2011. - 574с.

Bukalova Galina Vasilievna

FGBOU VPO "State University-ESPC"

Address: 302030, Russia, g. Orel, Street. Moscow, 77

Candidate. ped. , assistant professor of "Service and repair of machinery"

E-mail: srmostu@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей.

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов, сведения об авторах обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается аннотация и перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- Сведения об авторах приводятся в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество; учреждение или организация, адрес учреждения или организации, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, электронная почта.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.
- **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**
- **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.
- Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравниваются по центру страницы, в конце подписи точка не ставится:

Рисунок 1 – Текст подписи

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unprk.ru.

Плата с аспирантов за опубликование статей не взимается.

Адрес учредителя:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. +7(4862)420024
Факс +7(4862)416684
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302006, г.Орел, ул. Московская, 77
Тел. +7(4862)734362, +7 905 856 6556
www.gu-unpk.ru
E-mail: srmostu@mail.ru

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И. В. Акимочкина

Подписано в печать 25.03.2015

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 8,3

Тираж 500 экз.

Заказ № 86/15П1

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.