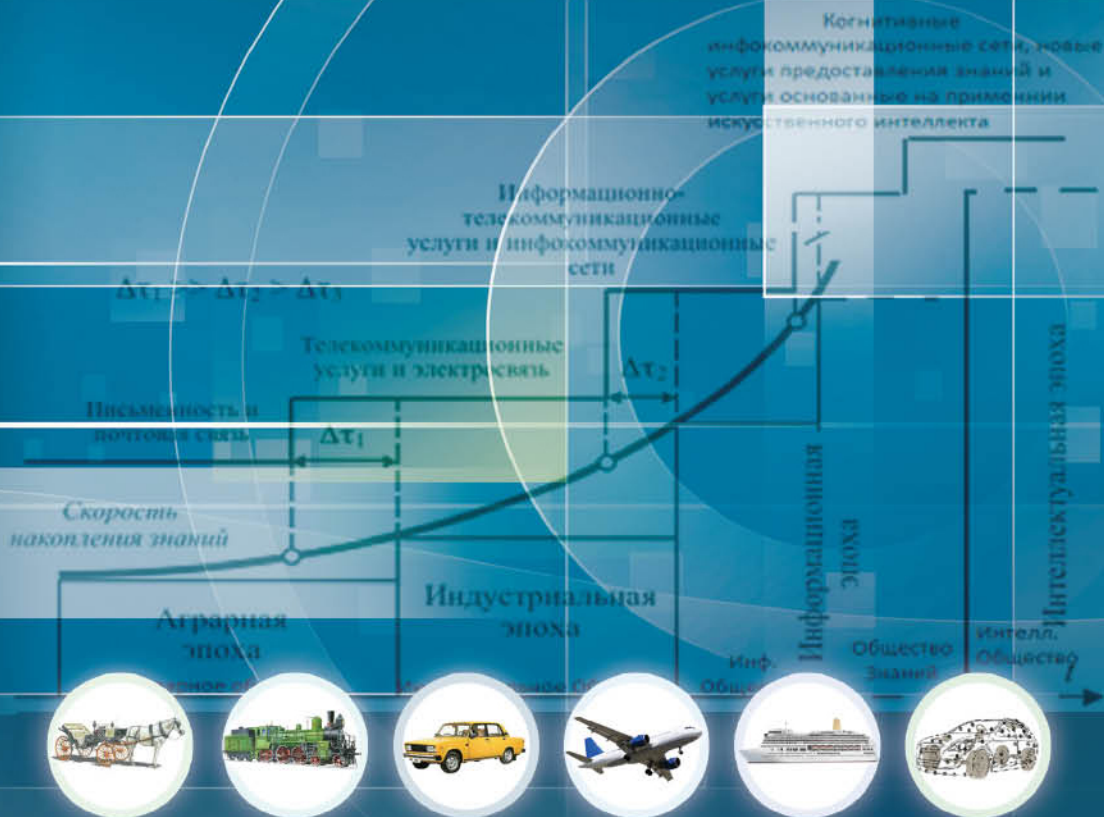


# «РАТ СЕВЕРО-ЗАПАД»

## НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ СБОРНИК



## ВЫПУСК 1

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА»  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

**«РАТ СЕВЕРО-ЗАПАД»**  
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ СБОРНИК

ВЫПУСК 1

Санкт-Петербург  
2017

ББК39я43  
УДК656.09  
Р25

РАТ – Северо-Запад: Сборник трудов Северо-Западного регионального отделения Общероссийская общественная организация «Российская академия транспорта» (ОО «Российская академия транспорта»). Выпуск первый. 2017 – 160 с.

В сборник вошли материалы академиков Российской академии транспорта высших учебных заведений и ведущих научных и государственных учреждений транспортной направленности Северо-Западного федерального округа.

Печатается по решению Президиума Северо-Западного регионального отделения ОО «Российская академия транспорта».

Реакционный совет:

академик, проф. д.т.н. С.О. Барышников

академик, проф. д.т.н. Е.Н. Зайцев

академик, проф. д.т.н. Н.М. Вихров

академик, д.т.н. Е.П. Дудкин

Ответственный секретарь Н.И. Каралаш,

Дизайн и компьютерная верстка И.Г. Шайдуров, П.В. Беляков,

С.С. Соколов

Рукописи статей представлены в авторской редакции.

При перепечатке ссылка на сборник обязательна.

ББК39я43  
УДК656.09

ISBN 978-5-901724-54-5

© Северо-Западное региональное отделение  
Российской академии транспорта, 2017

© Авторы, 2017

# РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА



Российская Академия Транспорта (РАТ) создана 26 июня 1991 года для реализации стратегий, призванных решать проблемы транспорта комплексно, она объединила около 1000 докторов наук в 12 научных региональных отделениях России, работающих в автомобильном, речном, морском, авиационном, железнодорожном и других видах транспорта и транспортной инфраструктуры.



## **Георгий Алексеевич КРЫЖАНОВСКИЙ.**

Президент Российской академии транспорта 1991-1997 гг., доктор технических наук, профессор, ректор Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации.

## **Анатолий Сергеевич БУТОВ.**

Президент Российской академии транспорта 1997-2005 гг., доктор технических наук, профессор, ректор Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций.



## **Валерий Иванович КОВАЛЕВ.**

Президент Российской академии транспорта 2005-2008 гг., доктор технических наук, профессор, ректор Петербургского государственного университета путей сообщения.

## **Александр Сергеевич МИШАРИН.**

Президент Российской академии транспорта с 2008 года по настоящее время, доктор технических наук, лауреат Государственной премии РФ, генеральный директор ОАО «Скоростные магистрали».



## РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА – 25 ЛЕТ!

22 апреля 2016 года в преддверии 25-й годовщины со дня образования Российской академии транспорта в старейшем морском университете имени адмирала Макарова прошло юбилейное собрание Северо-Западного регионального отделения Российской академии транспорта (СЗРО РАТ).

С приветствием к собравшимся обратился вице-президент Российской академии транспорта О.В. Белый. О состоянии и задачах на ближайшую перспективу Северо-западного регионального отделения РАТ говорил в докладе председатель СЗРО РАТ ректор Государственного университета морского и речного флота д.т.н., профессор С.О. Барышников. Тему «Санкт-Петербург – крупнейший транспортный узел России: взаимодействие и задачи» изложила директор Санкт-Петербургского государственного казенного учреждения «Агентство внешнего транспорта» А.В. Бахмутская. Содержательными были доклады «Создание секции комплексной безопасности на транспорте» д.т.н., профессора Санкт-Петербургского университета гражданской авиации Ю.В. Ведерникова и «Роль Петербургского государственного университета путей сообщения в решении транспортных проблем железной дороги современной России» д.т.н., профессора Е.П. Дудкина.

Поздравления, пожелания высказали академики СЗРО РАТ: д.п.н., к.в.н., профессор кафедры государственной политики и государственного управления Северо-Западного института управления «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте РФ» (РАНХиГС) Л.В. Тербнев, заместитель генерального директора Российского морского регистра судоходства С.Н. Седов, Почетный академик РАТ, д.т.н., заслуженный деятель науки РФ Л.И. Погодаев.

К юбилею подготовлен специальный выпуск газеты «Санкт-Петербургский водник». Вручены первые свидетельства Почетных членов СЗРО РАТ первому президенту РАТ Г.А. Крыжановскому, почетным Академикам Б.П. Усанову и В.А. Кудрявцеву, председателям Северо-Западного отделения РАТ Е.В. Зубареву и Е.П. Дудкину.

Участники юбилейного собрания наметили новые планы и высказали предложения, которые следует реализовывать сообща. РАТ должна быть в схеме развития научно-технических решений для всей отрасли, Северо-Запада России и Санкт-Петербурга как крупнейшего транспортного узла государства.

## **СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА: СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ НА БЛИЖАЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ**

*Доклад председателя Северо-Западного регионального отделения  
ОО «Российская академия транспорта», д.т.н. С.О. Барышников  
на юбилейном собрании СЗРО РАТ 22 апреля 2016 года.*

Мы собрались в преддверии 25-й годовщины со дня образования Российской академии транспорта. Это произошло 26 июня 1991 года у нас в Санкт-Петербурге. Поэтому, прежде всего, позвольте поздравить всех присутствующих с этой датой и пожелать успехов в деле возрождения и дальнейшего процветания Российской академии транспорта!



Открыл юбилейное собрание вице-президент РАТ О.В. Белый

Переход страны к новому рыночному механизму хозяйствования потребовал нового подхода к организации работы транспорта. Невозмож-

ность разрозненно решать вопросы транспортной отрасли привела ученых, производителей, руководителей предприятий, НИИ и вузов к решению объединить усилия представителей автомобильного, речного, морского, авиационного железнодорожного и других видов транспорта и транспортной инфраструктуры. Возглавил новое объединение доктор технических наук, профессор, ректор Академии гражданской авиации Георгий Алексеевич Крыжановский.

Активное участие в деятельности Академии транспорта принимал его первый вице-президент Владимир Васильевич Шашкин - впоследствии доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Лауреат Государственной премии РФ. Сочетая преподавательскую деятельность с работой на предприятиях машиностроительной промышленности, он понимал необходимость прямых договорных отношений между наукой и производством. В связи с этим в 1993 году возрастает взаимодействие Академии с руководством как областных, так и местных администраций и транспортных предприятий при осуществлении научно-исследовательских работ и решении транспортных проблем с помощью научных исследований и разработок.

В 1994 году Генеральное соглашение о сотрудничестве с РАТ заключают главы Правительств Республик Карелии и Коми; города Санкт-Петербурга; Архангельской, Вологодской, Калининградской, Кировской, Ленинградской, Мурманской, Новгородской и Псковской областей.

В это время активно издавались труды членов Академии. Среди действительных членов Российской академии транспорта многие ученые и практики были заняты разработкой новых образцов транспортной техники.

В конце 1997 года президентом РАТ был избран ректор Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций Анатолий Сергеевич Бутов. Создается и Северо-Западное региональное отделение (СЗРО РАТ), председателем которого избирают Евгения Васильевича Зубарева, человека большой ответственности и твердой воли.

В то время Российская академия транспорта становится научной базой Министерства транспорта России, а потенциал научного объединения использовался с максимальной пользой. Члены РАТ принимали участие в разработке Государственной комплексной программы «Транспорт России», рецензировании крупных федеральных нормативно-правовых доку-

ментов, разрабатываемых Министерством транспорта РФ, участвовали в научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработках.

По предложению члена Президиума СЗРО РАТ Усанова Бориса Павловича впервые в отечественной практике городское управление внешним транспортом было отделено от управления внутренним затратным транспортом. Губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко согласилась с необходимыми изменениями в структуре транспортного комитета и организацией нового комитета по транспортно-транзитной политике.

Большую роль играл в транспортной составляющей региона и Межотраслевой союз транспортников и предпринимателей во главе с Радием Михайловичем Гурковым. С 2011 года президентом объединения Транспортный союз Северо-Запада был избран Владимир Яковлевич Ходырев.

После Анатолия Сергеевича Бутова обязанности руководителя РАТ исполнял его заместитель Кацман Феликс Максович. Он активно участвовал в создании и развитии академии в направлении взаимодействия всех видов транспорта, выступал с инициативными деловыми предложениями. Система транспортных коридоров и место в ней морского транспорта были предметом многих его научных публикаций. Развитие Санкт-Петербурга как крупного транспортного узла также осуществлялось при его активном участии.

В 2005 году РАТ возглавил ректор Петербургского государственного университета путей сообщения Валерий Иванович Ковалев. Под его руководством коллектив ученых-транспортников подготовил несколько важных научных исследований: по организации высокоскоростного движения в транспортном коридоре Санкт-Петербург – Москва; двухтомное издание «Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт», обобщившее на научном уровне мировой и отечественный опыт организации высокоскоростного железнодорожного движения. Были разработаны научные основы подпрограммы «Безопасность транспортной системы России», создан общероссийский и общетранспортный научный журнал «Транспорт Российской Федерации» и журнал «Морской бизнес Северо-Запада», играющий заметную роль в Северо-Западном регионе.

Увеличивались объемы финансирования транспортной отрасли. Однако в определении основных направлений вложения средств, в оценке эффективности их использования далеко не всегда правильно обозначались приоритеты. Известно, что чем крупнее капиталовложения, тем сильнее



потребность в оригинальных научных разработках. Но эту очевидную истину понимали далеко не все, поэтому в транспортном комплексе страны слабо использовались научно обоснованные методы, подходы в организации управления грузовыми потоками в логистике, особенно в вопросах взаимодействия различных видов транспорта (транспортными коридорами).

С 2007 по 2012 год Северо-Западное региональное отделение возглавлял Евгений Павлович Дудкин. Именно в конце первого десятилетия нового XXI века ценнейший научный ресурс остается фактически невостребованным – Российскую академию транспорта не привлекают к разработке важных программ, и даже разработка новой Транспортной стратегии ведется на иных подходах.



Юбилейная газета вызвала интерес

При создании Российской академии транспорта на ее базе предлагалось обеспечить научное сопровождение всех преобразований в транспортном комплексе страны. Это была хорошая идея, которую поддержали ученые России. Ведь РАТ состояла из региональных отделений, а именно из региональных проблем складываются общегосударственные задачи, –

поэтому, решая «местные» задачи, ученые могли бы обобщать их на общегосударственном уровне, разрабатывая рекомендации по основным направлениям транспортного развития.

В это время в силу перемен в обществе интерес к транспортной составляющей ослабевает. Санкт-Петербург все реже становится опытно-экспериментальной площадкой для транспортных начинаний; прекращается созыв Северо-Азиатских конференций; стало меньше заботы о транспортных коридорах. В комитете по транспортно-транзитной политике происходят преобразования; в аппарате Полномочного представителя рассмотрение транспортных вопросов не является приоритетным.

На практике ученые РАТ остаются почти не востребованными: их привлекают к решению мелких прикладных задач, они участвуют в симпозиумах и конференциях, публикуют свои труды – но не более. Все озвученные факты говорят об отсутствии организационных связей, которые позволяют решать проблемы сообща, используя накопленный опыт. С 2014 года Северо-Западное региональное отделение взяло курс на их восстановление; прошли расширенные заседания Президиума, обсуждение проблемы за «круглым столом» с привлечением не только ученых, но и представителей органов власти двух регионов – Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Эти процессы происходили не быстро и не гладко, но успехи все же имеют место. Совместно с Комитетом по транспорту Правительства СПб подготовлен проект Соглашения о взаимодействии, направленный на развитие и эффективное использование науки и научно-технической деятельности в социально-экономическом развитии Санкт-Петербурга. Состоялось обсуждение в Агентстве внешнего транспорта и с председателем Комитета по транспорту Правительства СПб А. Н. Головиным. При положительных результатах подобный опыт будет распространен на Северо-Западный регион, и в первую очередь там, где сохранились первичные организации нашего отделения - Мурманск, Калининград, Киров.

На протяжении четырех месяцев 2015 года для обновления базы данных действительных членов Северо-Западного регионального отделения было проведено анкетирование. В ходе проделанной работы была сформирована и обновлена база научно-исследовательских работ академиков отделения Северо-Запада; проведен анализ численного состава отделения; устранены задолженности по оплате членских взносов, образовавшиеся при переходе Российской академии транспорта с 2013 года на электронную

форму оплаты. Возрастные особенности организации обозначили необходимость привлечения в ряды РАТ молодых ученых, имеющих намерения серьезно заниматься наукой. О такой проблеме, как недостаток ученых кадров, умолчать нельзя. Именно эта задача первостепенной важности обсуждалась, когда ставили вопрос о создании Российской академии транспорта. Для молодых начинающих и даже талантливых ученых отсутствует общероссийская научная и публичная базовая площадка, где можно заявить о себе. Далеко не факт, что без популяризации начинающего ученого сразу заметят и востребуют чиновники или бизнесмены. Не секрет, что передовая научная мысль – это тот бесценный капитал, с которого весь мир получает большие дивиденды. Мировой опыт свидетельствует: производственные компании вкладывают немалые средства и в науку, и в подготовку кадров, отлично понимая, что их затраты окупятся. Будет правильно, если для продвижения будущих ученых мы предоставим возможности Северо-Западного регионального отделения РАТ и сможем наладить механизм стимулирования и поддержки.

Транспорт – одна из ведущих форм общественного производства, крупнейший социальный фактор. От качества функционирования транспортной системы зависит состояние и развитие промышленности, сельского хозяйства, обороны страны и во многом благополучие и удобство населения. Ежедневно российским транспортом доставляется к местам производства около 700 млн тонн грузов и перевозится свыше 135 млн пассажиров. Полная стоимость основных фондов транспортного комплекса России в ценах 1991 года составляет 195 млрд рублей, однако более половины этих фондов изношена и требует замены.

Сегодня приходится констатировать, что показатели перевозочных процессов в России значительно отстают от мирового уровня. В частности, объем перевозок в два раза меньше, чем в США, а транспортные издержки составляют 11,5% от национального дохода (в то время как в США – менее 7%). Потери времени потребителей в России в 5 раз выше, чем в развитых странах мира. Потребность в транспортных услугах удовлетворяется только на 60–70%, а простои достигают более 40% общего времени транспортного обслуживания.

В бывшем Советском Союзе существовало развернутое, единое транспортное пространство с едиными плохими или хорошими средствами, с четкой технической политикой, обоснованной налоговой системой. Сего-

дня в России ничего этого нет. В результате изменения геополитической ситуации в России ее транспорт оказался в особо тяжелом положении. Помимо общих для страны причин это положение в наибольшей степени обусловлено недопониманием роли транспорта в экономической и социальной жизни страны и его специфики как особой структуры в народном хозяйстве.

Прежде всего, это относится к недостаткам законно-правовой базы, налоговой и тарифной политике, то есть ко всему кругу вопросов, которые определяют экономический и политический базис транспорта. Важнейшим фактором является технический уровень всех видов транспортных систем, организации и инфраструктуры, промышленности, производящей продукцию. Высокая степень физического и морального износа основных фондов, в первую очередь транспортной техники, является определяющей характеристикой для всех видов транспорта. К этому можно добавить значительное отставание в развитии транспортной инфраструктуры, главным образом морских портов, автомобильных и железных дорог, терминальных пунктов и т. д.

Тенденции нашей жизни таковы, что она движется, подвергается изменениям. И в транспортной отрасли на федеральных, региональных, местных и других уровнях разрабатываются проекты нормативно-правовых документов, научно-исследовательские темы, концепции, программы и другие материалы, необходимые для развития и функционирования транспорта в целом и всех его видов по отдельности. Появляются платные вузы, создаются новые НИИ, КБ и другие организации; готовится проектная и проектно-конструкторская документация; выполняется программа научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), рождаются изобретения, рационализаторские предложения. Результаты этой деятельности нуждаются в профессиональной, объективной оценке на высшем научно-практическом уровне.

Опыт показывает, что принятие законов, проектов, не прошедших научную экспертизу, крайне затрудняет их практическое применение, требует многочисленных подзаконных актов, нередко противоречащих друг другу. Естественно, крупномасштабное финансирование также не должно производиться, пока его не одобрит экспертный совет.

Наибольшая эффективность экспертной оценки результатов всех форм деятельности зависит от наличия единого авторитетного органа, обеспечи-

вающего высокий профессионализм оценки, абсолютную объективность и полную беспристрастность. Все эти качества должны быть подтверждены транспортной общественностью. Единство должно обеспечиваться не только административным назначением, но и подлинной согласованностью подходов и методов экспертной деятельности.

Применительно ко всем формам творческой и практической деятельности в области транспорта наиболее целесообразно создать экспертно-координационный совет по рассмотрению результатов творческой деятельности, тендерных документов, проектов и других материалов. Эта идея не нова, о ней говорил Ковалев Валерий Иванович, ее поддерживал и развивал в Северо-Западном регионе Дудкин Евгений Павлович; обширная база экспертов создана при президенте Российской академии транспорта Александре Сергеевиче Мишарине. Но вся эта работа остается мало востребованной, поскольку, как правильно сказал член центрального президиума РАТ И. И. Костылев, «мы должны быть в схеме развития научно-технических решений для всей отрасли, для Северо-Запада и для Санкт-Петербурга как крупнейшего транспортного узла государства».



В зале заседаний

Это направление деятельности РАТ предположительно может иметь структурную основу деления по Федеральным округам. Создаются окружные экспертно-координационные советы при региональных отделениях РАТ, которые взаимодействуют с Полномочными представительствами Президента РФ Федеральных округов.

Президиум регионального отделения РАТ отвечает за высокий научный уровень членов экспертного совета, выработку единой технической политики в сфере транспорта. Задачами экспертного совета могут быть не только анализ предложенных проектов, но и оценка профессионального уровня исполнителей – организаций, предлагающих свои услуги для выполнения работ, а после их выполнения возможна экспертиза качества на соответствие техническому заданию и условиям заказчика.

Такая схема позволит, с одной стороны, обеспечить участие высококвалифицированных научных кадров и коллективов на основе объективного и компетентного отбора, что далеко не всегда имеет место при проведении тендеров, а с другой – квалифицированно оценить выполненную работу.

Деятельность такого совета могла бы существенно сказаться на качестве выполнения НИР, повысить роль регионов в решении общетранспортных проблем России, и наконец – придать соответствующий новый статус Российской академии транспорта.

В решении вопроса, поддержать или не поддержать такую инициативу, последнее слово остается за региональными руководителями.

Слабым местом в деятельности Академии остается и отсутствие тесной связи между центром и регионами. Каждое отделение РАТ работает в рамках своей географии: местные проблемы, местное финансирование, – ну и результат соответственно местного значения. Мотивацией централизованного управления академией мог бы стать государственный заказ. Региональные отделения, объединив усилия для его выполнения, могли бы предложить фундаментальные научные или прикладные исследования, значение которых для развития экономики страны трудно переоценить. Но нет заказа – нет и финансирования. Получается замкнутый круг: не имея средств и заказов, ученые год от года теряют надежду на востребованность, а недостаточный уровень квалификации лишает их возможности предлагать государству и бизнесу новейшие разработки.

Еще раз хочу привести в качестве подтверждения мнение члена президиума РАТ И. И. Костылева из статьи «Академия транспорта – второе

дыхание»: «Хотел бы еще раз констатировать просьбу президента РАТ об изучении «Транспортной стратегии до 2030 года», выборе ключевых направлений применительно к Северо-Западному региону и составлении примерной тематики конференций на базе ГУМРФ с последующим выходом на НИР».

Надеюсь, уважаемые члены сегодняшнего собрания помогут избрать правильное направление дальнейшей деятельности СЗРО РАТ и подскажут новые идеи и пути его реализации.

Хочу поблагодарить всех академиков за их преданность науке и бескорыстное служение РАТ и еще раз поздравить нашу общественную организацию с достойным 25-летним юбилеем. Отдельная благодарность тем, кто стоял у ее истоков, кто не сошел с дистанции в перестроечное время, и тем, кто вливается в наши ряды сегодня. Спасибо членам президиума Захарову Виталию Ивановичу, Зайцеву Евгению Николаевичу, Вихрову Николаю Михайловичу, Черненко Виктору Игоревичу.

Разрешите высказать особую благодарность:

- Первому президенту РАТ Георгию Алексеевичу Крыжановскому и вручить ему свидетельство Почетного академика и памятный подарок.

- Ученому, общественнику, руководителю транспортных подразделений города, члену президиума, д.т.н. Борису Павловичу Усанову.

- За многолетний труд члену президиума СЗРО РАТ Кудрявцеву Владимиру Александровичу.

- Первому председателю Северо-Западного отделения РАТ Зубареву Евгению Васильевичу.

- Второму председателю СЗРО РАТ д.т.н. Дудкину Евгению Павловичу.



Общее фото участников юбилейного собрания



## **РЕШЕНИЕ ОБЩЕГО ЮБИЛЕЙНОГО СОБРАНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАТ**

1. Продолжить подготовительную работу к подписанию «Соглашения о сотрудничестве и взаимодействии» Северо-западного отделения РАТ с комитетом по транспорту Санкт-Петербурга и Ленинградской области.
2. Поручить Президиуму Северо-западного отделения РАТ совместно с аппаратом Полномочного представителя в СЗФО изучить и подготовить вопрос о создании Экспертно-координационного совета по проведению научной экспертизы крупных проектов в области транспорта.
3. Открыть при Северо-западном отделении РАТ секцию «Комплексная безопасность на транспорте» с учетом уникального опыта обеспечения безопасности на воздушном транспорте под эгидой ИКАО (на базе СПб Государственного университета гражданской авиации).
4. Создать базу для развития научной деятельности молодых ученых Северо-западного региона, механизма стимулирования и поддержки их деятельности.
5. Академикам РАТ принять участие в обсуждении ключевых вопросов при разработке «Стратегии развития региональной транспортной системы Северо-Западного федерального округа».
6. Рассмотреть возможность создания рабочей группы по организации секции «Государственная транспортная политики». Подготовительную работу поручить профессору СЗИУ – РАНХ и ГС Терехневу Л.В.
7. Создать рабочую группу для подготовки обосновывающих материалов по формированию «Целевой образовательной программы подготовки управленцев в различных сферах деятельности транспортной системы и логистики Северо-Западного ФО и во всём Арктическом регионе Российской Федерации».
8. Поручить члену президиума Дудкин Е.П. подготовить предложения по созданию печатного органа СЗРО РАТ.
9. Внести проект решения в план работы СЗО РАТ на 2017 год
10. Опубликовать настоящее решение в первом номере печатного издания СЗРО РАТ.
11. Контроль за исполнением настоящего решения возложить на президиум СЗРО РАТ

**ПОЧЕТНЫЕ АКАДЕМИКИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНАЛЬНОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ**

1. Бабурин Валерий Александрович
2. Бабанцев Николай Федорович
3. Баранов Александр Петрович
4. Бавыкин Георгий Викторович
5. Белый Олег Викторович
6. Брауде Владимир Исаакович
7. Булов Анатолий Андреевич
8. Бурков Анатолий Трфимович
9. Васильев Юрий Сеергеевич
10. Венцелюс Леонард Станиславович
11. Вульфович Борис Аркадьевич
12. Гапеев Анатолий Михайлович
13. Говоров Вадим Владимирович
14. Голицынский Дмитрий Михайлович
15. Груздев Николай Михайлович
16. Гурвич Анатолий Крнстантинович
17. Дмитриев Владимир Иванович
18. Драницын Сергей Никитич
19. Ефремов Алексей Никитович
20. Ефимов Дмитрий Константинович
21. Ефремов Анатолий Георгиевич
22. Занин Валентин Петрович
23. Зайцев Евгений Николаевич
24. Зубарев Евгений Васильевич
25. Захаров Виталий Иванович
26. Иванов Вячеслав Васильевич
27. Кандауров Иван Иванович
28. Кармалеев Борис Александрович
29. Киселев Игорь Георгиевич
30. Климов Евгений Николаевич
31. Кнатько Василий Михайлович
32. Костылев Иван Иванович
33. Котиков Юрий Георгиевич
34. Кравченко Павел Александрович



# СВИДЕТЕЛЬСТВО

*ВЕНЦЮЛИС*

*ЛЕОНАРД СТЯНИСЛАВОВИЧ*

*является Почетным академиком  
Северо-Западного  
регионального отделения  
Российской академии транспорта*

*Председатель*

*г. Санкт-Петербург*

*В. В. Барышников*

*22 апреля 2016 года*

35. Круглов Альберт Дмитриевич
36. Крыжановский Георгий Алексеевич
37. Кудрявцев Владимир Александрович
38. Кузнецов Сергей Емельнович
39. Куклев Евгений Алексеевич
40. Лазарев Александр Николаевич

41. Лихацкий Владимир Иванович
42. Логачев Станислав Иванович
43. Лукинский Валерий Сергеевич
44. Маликов Олег Борисович
45. Михайлов Аркадий Евгеньевич
46. Недялков Константин Викторович
47. Никифоров Владимир Григорьевич
48. Павлов Владимир Егорович
49. Паньков Николай Петрович
50. Пересыпкин Всеволод Ильич
51. Першин Михаил Николаевич
52. Плакс Алексей Владимирович
53. Поваров Герман Васильевич
54. Погодаев Леонгард Иванович
55. Пономарев Алексей Яковлевич
56. Попов Станислав Александрович
57. Потемкин Эдуард Константинович
58. Пузыня Константин Федорович
59. Решетников Анатолий Николаевич
60. Романов Олег Яковлевич
61. Русецкий Александр Алексеевич
62. Рябинин Игорь Аексеевич
63. Сазонов Анатолий Ефимович
64. Сапожников Валерий Владимирович
65. Сапожников Владимир Владимирович
66. Сахаров Владимир Васильевич
67. Селезнева Наталья Николаевна
68. Сикарев Александр Александрович
69. Слепян Эрик Иосифович
70. Смирнов Евгений Леонидович
71. Степанов Андрей Львович
72. Тузов Леонид Васильевич
73. Усанов Борис Павлович
74. Ходырев Владимир Яковлевич
75. Чистов Валентин Борисович
76. Чистов Леонид Михайлович
77. Эглит Ян Янович
78. Яловенко Александр Васильевич
79. Яшин Евгений Павлович

## СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА

Отделение насчитывает 134 члена Академии, из них почетных Академиков 82, среди них доктора наук, доктора транспорта, ученые и специалисты ведущих научно-исследовательских, научно-производственных, высших образовательных учреждений, лауреаты государственных премий, заслуженные и почетные работники транспортной отрасли из Санкт-Петербурга, Калининграда, Мурманска, Кирова, Вологды. Основным приоритетом является восстановление организационных связей для решения региональных проблем по основным направлениям транспортного развития с максимально полным привлечением молодых ученых.



**Зубарев Евгений Васильевич** председатель Северо-Западного регионального отделения Российской академии транспорта 1997-2007 гг., доктор транспорта, заслуженный работник транспорта, экс-начальник Северо-Западного речного пароходства, президент ОАО «Северо-Западное пароходство», президент ассоциации владельцев пассажирских судов Санкт-

Петербурга. Почетный академик РАТ.

**Дудкин Евгений Павлович** председатель Северо-Западного регионального отделения Российской академии транспорта 2007 – 2012, доктор технических наук, лауреат премии Совета Министров СССР, профессор Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.



**Барышников Сергей Олегович** председатель Северо-Западного регионального отделения Российской академии транспорта с 2012 года по настоящее время, доктор технических наук, профессор, ректор Санкт-Петербургского государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

*А.В. Бахмутская директор, А.В.Муха начальник отдела,  
Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение  
«Агентство внешнего транспорта»*

Анализируя транспортно-логистический комплекс Санкт-Петербурга (далее – ТЛК), в первую очередь, необходимо отметить, что транспортно-транзитный потенциал и экспорт транспортных услуг на всех видах внешнего транспорта (водный, воздушный, железнодорожный, автомобильный) являются драйверами развития экономики Санкт-Петербурга, что обусловлено уникальным геоэкономическим положением нашего города и его непосредственной близостью к странам Европейского Союза.

Выполняя важные функции транспортного обеспечения внешнеэкономических связей Российской Федерации, Санкт-Петербург занимает особое место в транспортной системе Балтийского региона.

Именно со спецификой и особенностями пассажирских и грузовых перевозок Балтийского региона, включая порты Балтийского бассейна, следует, в первую очередь, увязывать работу ТЛК и возможности его дальнейшего развития.

ТЛК объединяет внешний и городской транспорт, транспортную и терминально-складскую инфраструктуру, а также участников транспортно-логистической деятельности.

Функционально ТЛК делиться на пассажирскую и грузовую работу на всех видах транспорта, глубокое исследование и описание которых нам не доступно в рамках данного обзора. Вначале остановимся на основных факторах и тенденциях, оказывающих влияние на функционирование и возможное развитие ТЛК.

Как уже было упомянуто, Санкт-Петербург имеет свою «нишу» на Балтике, но, к сожалению, с учетом сложившейся еще советского времени специфики транспортной системы Российской Федерации, в настоя-

щее время ТЛК города в недостаточной степени интегрирован в европейскую транспортную систему.

За последнее десятилетие был осуществлен качественный рывок в развитии ТЛК, отвечающий потребностям экономики транзитного потенциала нашего города.

В сфере пассажирских перевозок морским транспортом в период 2005-2010 гг. в Большом порту Санкт-Петербург создана новая инфраструктура для приема круизных и паромных судов (Морской вокзал и причалы в дельте р.Нева), а также построен и введен в эксплуатацию новый Пассажирский порт Санкт-Петербург (Морской Фасад).

Особо следует отметить введение в Санкт-Петербурге безвизового режима на 72 часа для пассажиров круизных и паромных судов, что обеспечило дополнительный приток туристов и их комфортное пребывание в городе.

С момента ввода в эксплуатацию новых пассажирских терминалов и причальных комплексов количество обслуживаемых пассажиров круизных и паромных судов за период 2010-2015 гг. увеличилось на 48% и составило по результатам навигации 2015 года 831 тыс. чел. (рис.1).



Рис. 1

Рост количества судозаходов пассажирских судов в порты Санкт-Петербурга за аналогичный период составил 24% и достиг в 2015 году 531 ед. (рис.2).

**Количество судозаходов на морском транспорте Санкт-Петербурга в период с 2010 по 2015 гг.**

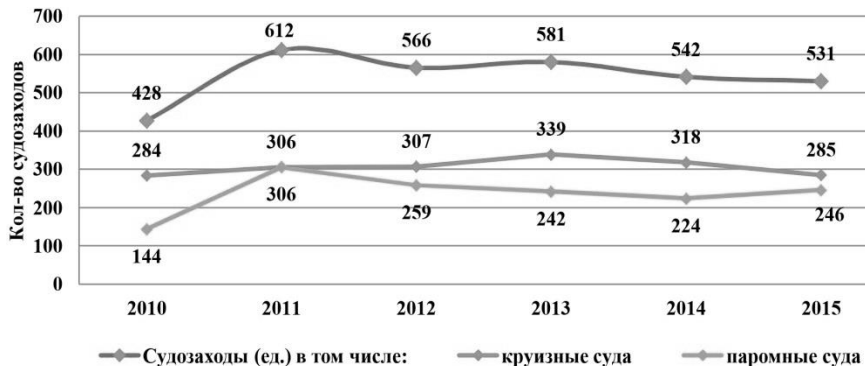


Рис. 2

Учитывая особую значимость Санкт-Петербурга в круизном сегменте на Балтике, как уникального культурного и туристического центра, количество судозаходов и туристов круизных судов наших портов сопоставимо с показателями портов Копенгагена, Стокгольма, Хельсинки и Таллина (рис.3).

**Сравнительная характеристика стран Балтийского моря по количеству перевезенных пассажиров в круизном сообщении в период с 2005 по 2015 гг.**

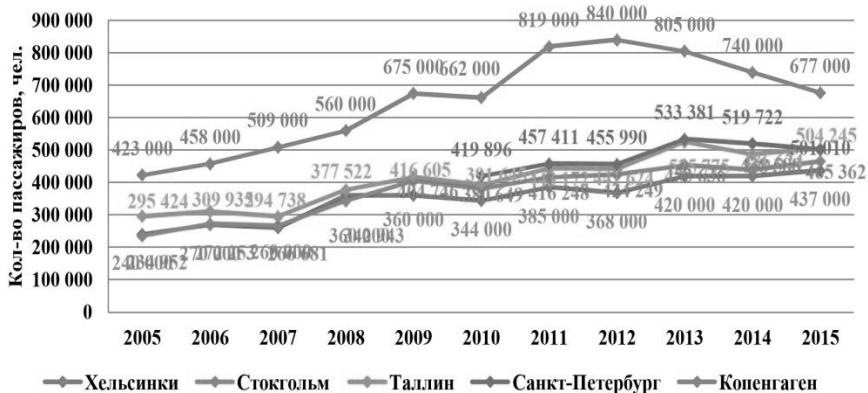


Рис. 3



Вместе с тем объемы пассажирской работы на паромных линиях в Санкт-Петербурге еще значительно уступают показателям указанных портов Балтийского моря (рис.4), что еще раз указывает на слабую интеграцию европейской и российской транспортных систем.



Рис. 4

На примере паромного сообщения порта Хельсинки с другими портами Балтийского моря мы видим показатели, на несколько порядков превышающие соответствующие параметры транспортной работы портов Санкт-Петербурга (рис.5). Очевидно, что существующие объемы перевозок на паромных линиях в Санкт-Петербурге не соответствуют, даже уже имеющиеся пропускной способности собственных портов (около 3 млн. пассажиров в год).

Существенным ограничивающим фактором наращивания пассажиропотока на морском транспорте и привлечения в Санкт-Петербург европейских операторов паромных линий являются регулятивные и административные барьеры федерального уровня (таможенные, навигационные, инфраструктурные). В краткосрочной перспективе важным проектом для дальнейшего развития паромного сообщения является реконструкция морского грузо-пассажирского постоянного многостороннего пункта пропуска через государственную границу Российской Федерации.

**Сравнительная характеристика стран Балтийского моря  
по количеству перевезенных пассажиров в паромном сообщении  
в период с 2005 по 2015 гг.**

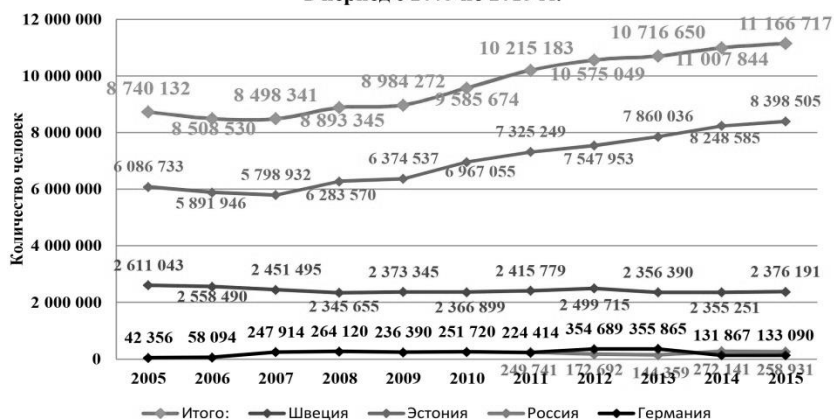


Рис. 5

В 2015 году в целях развития паромного сообщения между Санкт-Петербургом и Коткой (Финляндская Республика) заключено соглашение между администрацией морского порта «Пассажирский порт Санкт-Петербург» и руководства порта Хамина-Котка и компании Cursor Oy. Также заключено соглашение с Ассоциацией содействия развития деловых связей «Китайский деловой центр». Подписание соглашения направлено на развитие потенциала Санкт-Петербурга как центра морского и делового туризма, а также популяризации возможностей Санкт-Петербурга в сфере морского туризма для туристов Китайской Народной Республики.

Наряду с работой морского транспорта в Санкт-Петербурге другим важным сегментом ТЛК является функционирование и развитие пассажирских перевозок на внутренних водных путях Российской Федерации (река Нева) и водных путях Санкт-Петербурга (судоходные реки и каналы на территории Санкт-Петербурга).

Причалная инфраструктура на реке Неве используется, как для речных круизных судов, работающих по туристским маршрутам в направлениях Ладожское озеро (острова Валаам, Коневец), Онежское озеро (г. Петрозаводск, о. Кизи и эпизодически на Белое море – Соловецкие острова), по Волго-Балтийскому водному пути европейской части Рос-

сийской Федерации в направлении на Москву и в города, расположенные на реках Единой глубоководной системы – Волга, Кама и Дон, так и для обслуживания маршрутов водного транспорта Санкт-Петербурга.

В настоящее время остро стоит вопрос развития инфраструктуры речного транспорта для приема новых судов с осадкой 3,2 м, а также обеспечения безопасных и комфортных условий обслуживания пассажиров. В этой связи рассматривается возможность создания нового комплекса Речного вокзала с вокзальным комплексом, достаточным парковочным пространством и причальной инфраструктурой. С учетом всех требований безопасности для этих целей рассматривается акватория р. Нева в районе Рыбацкой Заводи выше Большого Обуховского моста по течению и прилегающая территория в Невском районе Санкт-Петербурга.

Также особое внимание уделяется развитию водного транспорта Санкт-Петербурга. На водных путях Санкт-Петербурга осуществляются перевозки водным транспортом на следующих видах маршрутов водного транспорта:

- транспортные регулярные не субсидируемые маршруты
- с нерегулируемым Правительством Санкт-Петербурга тарифом;
- заказные транспортные маршруты;
- регулярные экскурсионно-прогулочные маршруты;
- заказные экскурсионно-прогулочные маршруты.

С 2014 года успешно реализуется проект «Городские причалы Санкт-Петербурга», идея которого заключается в обеспечении равного доступа к причальной инфраструктуре всем компаниям, осуществляющим перевозки по рекам и каналам Санкт-Петербурга в местах, наиболее востребованных при организации пассажирских перевозок водным транспортом. Предоставление доступа осуществляется на возмездной основе, в соответствии с утвержденной стоимостью, стоянка судна не более 15 минут.

В 2014 году в тестовом режиме было организовано 4 причала общего пользования, по итогам эксплуатации которых было принято решение о дальнейшей реализации проекта. В 2015 году в рамках данного проекта было организовано уже 8 причалов общего пользования. В навигацию 2016 года функционирует 15 причалов общего пользования, находящихся-

ся в государственном управлении. К 2018 году предусмотрено плановое увеличение количества городских причалов до 18 единиц.

Успешность данного проекта демонстрируется кратным увеличением загрузки причалов. Так если в 2014 году количество швартовок к городским причалам составило 371 ед., то в 2015 году их количество увеличилось до 6015 ед. За первые два месяца навигации 2016 года (май-июнь) совершено уже 6162 швартовки к городским причалам Санкт-Петербурга.

В соответствии с постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 09.02.2010 № 93 создана государственная информационная система Санкт-Петербурга «Перечень маршрутов водного транспорта Санкт-Петербурга», в которую включено 115 маршрутов водного транспорта, включая 7 несубсидируемых транспортных маршрутов (в том числе маршруты «Санкт-Петербург – Петергоф» и «Санкт-Петербург – Кронштадт»).

Действующими документами стратегического планирования транспортного комплекса федерального уровня на базе аэропорта «Пулково» предусмотрено создание авиационного хаба.

Перечнем мероприятий по реализации Стратегии ТЛК предусмотрен комплекс мероприятий, направленных на развитие нашего аэропорта, а именно:

- реализация соглашения о создании, реконструкции и эксплуатации на основе государственно-частного партнерства объектов, входящих в состав имущества аэропорта «Пулково»;
- разработка и реализация мероприятий по содействию развитию базового авиационного перевозчика в аэропорту «Пулково»;
- формирование грузовой зоны аэропорта.

В 2010 году вступило в силу соглашение между Санкт-Петербургом, ОАО «Аэропорт «Пулково» и консорциумом ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы», созданным ОАО «Банк «ВТБ», компаниями «Fraport AG» и компанией «Horizont Air Investment», о создании, реконструкции и эксплуатации на основе государственно-частного партнерства объектов, входящих в состав имущества аэропорта «Пулково».

Инвестор в лице ВВСС принял на себя обязательства по осуществлению операционной деятельности аэропорта «Пулково» в течение 30 лет, а

также строительству и реконструкции объектов аэропортовой инфраструктуры.

В период с 2011 по 2013 год были построены и сданы в эксплуатацию все объекты первой очереди проекта, включая новый международный пассажирский терминал площадью 145 тыс. кв.м, пассажирский и грузовой перроны, гостиница и бизнес-центр на привокзальной площади, комплекс автостоянок и другие объекты инфраструктуры аэропорта. В течение 2014 года осуществлена реконструкция существующего терминала Пулково-1.

Общий объем инвестиций в развитие аэропорта в период с 2010 по 2014 год включительно составил 1,2 млрд. евро (50 млрд. руб.).

В настоящий момент ВВСС подготовлен план реализации второй очереди проекта с расчетным сроком до 2019 года, предполагающий строительство новых и реконструкцию существующих объектов аэропорта. Осуществляется развитие системы топливообеспечения аэропорта «Пулково», разрабатывается проект строительства топливо-заправочного комплекса.

Пассажиропоток аэропорта «Пулково» за 2015 год в сравнении с 2010 годом увеличился на 60% и составил 13,5 млн. чел. На внутренних воздушных линиях произошло увеличение пассажиропотока на 94% и составило 7,9 млн. чел. На международных воздушных линиях произошло увеличение на 28% и составило 5,6 млн. чел.

В части развития базового авиационного перевозчика обеспечено участие города в уставном капитале ОАО «Авиакомпания «Россия» в размере блокирующего пакета акций (25% плюс 1 акция уставного капитала общества). Главной целью участия Санкт-Петербурга в акционерном капитале Авиакомпании является обеспечение организации развития транспортно-авиационного комплекса Санкт-Петербурга.

Поступательное развитие аэропорта «Пулково» до аэропорта-хаба предусматривает развитие трансферных пассажиропотоков и грузопотоков. В настоящее время доля трансферных пассажиров в Пулково составляет менее 20%, тогда как по Московскому авиационному узлу в целом их доля достигает более 40%. Следует отметить, что трансферные пассажиры могут быть только на регулярных линиях, где пассажир заранее знает каким рейсом и когда он должен лететь дальше из аэропорта

пересадки. Для этого необходимо формирование узлового аэропорта со стыковочными волнами и соответствующей инфраструктурой.

Формированию трансферного пассажиропотока в большей степени способствует соответствующая политика национального регулятора рынка и базовых перевозчиков в каждом конкретном аэропорту.

Железнодорожный пассажирский транспорт в Санкт-Петербурге обеспечивает не только внешние корреспонденции, но и важнейшие для Санкт-Петербургской агломерации маятниковые ежедневные миграции с трудовыми целями между городом и Ленинградской областью. По итогам функционирования пассажирского железнодорожного транспорта за 9 месяцев 2016 года в сравнении с аналогичным периодом 2015 года наблюдается рост пассажиропотока на 3,6% (рис. 6). Общее количество отправленных пассажиров – 43,7 млн. чел. (2015 – 42,1 млн. чел.), в том числе в дальнем следовании – 6,8 млн. чел. (2015 – 6,1 млн. чел.), в пригородном сообщении – 36,8 млн. чел. (2015 - 36,1 млн. чел.).



Рис. 6

Общий объём грузовой работы ТЛК в 2015 году составил 113,3 млн. тонн, без учета объема грузовой базы промышленных предприятий Санкт-Петербурга и перевозки строительных материалов на автомобильном транспорте между Санкт-Петербургом и Ленинградской областью,

которые дополнительно составляют около 15 и 10 млн. тонн соответственно (данные показатели в государственной статистической отчетности отсутствуют и являются расчетными в рамках данного обзора).

За последние годы с учетом наступивших изменений, как во внешне-политической и внешнеторговой сферах Российской Федерации, так и в транспортных технологиях, незначительно меняется структура грузовой работы ТЛК.

Однако сами объемы грузовой работы ТЛК остаются достаточно стабильными уже на протяжении 10 лет (2005-2015 гг.). Так, грузовая работа Большого порта Санкт-Петербург за указанный период составляют в среднем 57 млн. тонн в год. В 2015 году грузооборот Большого порта Санкт-Петербург снизился на 10% и составил 51,5 млн. тонн. В общей грузовой работе порта наблюдается сокращение перевалки наливных грузов (нефтепродукты) с 27% в 2005 году до 18% в 2015 году, перевалка которых растет в морском порту Усть-Луга, и значительное увеличение объемов перевалки навалочных грузов (в основном минеральные удобрения) с 0% до 16% и контейнеров с 22% до 38% соответственно.

Учитывая низкий уровень контейнеризации грузов в Российской Федерации (около 5%), а также интенсивное развитие транспортных коридоров по направлениям Север – Юг и Запад – Восток, включая развитие транспортной инфраструктуры и увеличение товародвижения на стыке Азия – Европа в рамках континентального проекта «Экономический пояс Шелкового пути», в долгосрочной перспективе прогнозируется увеличение объемов и доли перегрузки контейнеров в Большом порту Санкт-Петербург.

Увеличение объемов контейнерных перевозок также возможно достичь путем перенаправления российских внешнеторговых грузов из портов Прибалтийский государств в Большой порт Санкт-Петербург. Вместе с тем здесь следует учитывать специфику и несовершенство таможенного администрирования в нашем порту (оформление одного контейнера занимает около 3-4-х суток) и более привлекательные условия хранения и перевалки контейнеров в зарубежных портах.

Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года одним из приоритетных направлений деятельности по развитию Большого порта Санкт-Петербург является привлечение в порт новых линий по перевозке контейнерных, рефрижераторных и накатных

грузов, создание терминалов для их обслуживания, совершенствование работы с ними, увеличение доли высокотехнологичных экологически чистых грузов в общем грузообороте порта, для чего предусмотрено форсированное развитие новых районов порта.

В рамках развития новых районов Большого порта Санкт-Петербург при поддержке федерального центра осуществляется строительство многофункционального морского перегрузочного комплекса «Бронка», который введен в коммерческую эксплуатацию в декабре минувшего года. По итогам первого полугодия 2016 года на ММПК «Бронка» было перегружено 198 тыс. тонн грузов, включая 13 тыс. TEU.



Рис. 7

Аналогичную стабильность также показывает железнодорожный транспорт, средний объем грузовой работы которого в период 2005-2015 гг. составил 53 млн. тонн в год. С начала указанного периода годовой показатель снизился на 7% и в 2015 году составил 51,7 млн. тонн, 53% которых перегружается в Большом порту Санкт-Петербург.

С 2010 года наблюдается перераспределение строительных грузов (нерудные материалы) с железнодорожного транспорта на автомобильный. Только на дальних маршрутах следования (более 1000 км) железнодорожные грузовые перевозки имеют преимущества. Вместе с тем согласно данным Росстата темпы роста показателя грузооборота на автомобильном транспорте в целом по Российской Федерации значительно превосходят аналогичный показатель на железной дороге – 27% и 20% соответственно, и это при отрицательной динамике общих объемов пере-



возок грузов на автомобильном транспорте -19% в 2014 году по сравнению с аналогичным показателем 2005 года (5406 млн. тонн и 6685 млн. тонн соответственно).

В 2012 году в соответствии с Соглашением между Санкт-Петербургом, Ленинградской областью, Минтрансом России, ОАО «РЖД» и при участии совместного финансирования сторон разработана Генеральная схема развития железнодорожного узла транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области (далее – Генеральная схема), которая утверждена в ноябре 2015 года на заседании Координационного совета по развитию транспортной системы г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области под председательством Министра транспорта Российской Федерации М.Ю.Соколова

Генеральная схема предусматривает реализацию комплекса мероприятий в несколько этапов по следующим направлениям:

- развитие железнодорожной инфраструктуры для пассажирского движения в дальнем сообщении;
- развитие железнодорожной инфраструктуры для внутригородских и пригородных пассажирских перевозок;
- развитие железнодорожной инфраструктуры для грузовых перевозок;
- строительство автодорожных путепроводов на пересечении улично-дорожной сети с железнодорожными путями.

Генеральная схема, как пространственный документ транспортного планирования, является обосновывающим материалом при разработке нового Генерального плана Санкт-Петербурга до 2043 года.

Дальнейшее развитие железнодорожной составляющей ТЛК Санкт-Петербурга неразрывно связано с инфраструктурным и технологическим развитием высокоскоростного железнодорожного сообщения на таких направлениях, как: Санкт-Петербург – Москва, Санкт-Петербург – Минск, Санкт-Петербург – Хельсинки.

Строительство новых высокоскоростных магистралей будет способствовать значительному увеличению трансферного пассажиропотока в нашем городе и развитию мультимодальных пассажирских перевозок через Санкт-Петербургский транспортный узел.

Необходимо особо отметить существующие инфраструктурные ограничения развития Санкт-Петербургского железнодорожного узла. При запуске в 2009 и 2010 годах скоростного железнодорожного сообщения по маршрутам Санкт-Петербург – Москва и Санкт-Петербург – Хельсинки поэтапно осуществлялся вывод грузового движения с основного хода движения по Московскому направлению на Волховстроевское направление Октябрьской железной дороги через Волхов, Вологду и далее по маршрутам следования. Таким образом, основной грузовой вагонопоток перемещается по территории густонаселенных поселков в черте Санкт-Петербурга – Сапёрный, Понтонный, Металлострой, а также через станции Рыбацкое и Ржевка, включая транзитные грузы следования до портов в Выборге и Приморске и до границы Российской Федерации.

При реконструкции и усилении железнодорожной инфраструктуры для пропуска грузовых поездов весом 6500-7100 тыс. тонн мероприятия по шумозащите прилегающих селитебных территорий не проводились, что негативно сказывается в настоящее время на качестве жизни и экологии указанных территорий.

Учитывая перспективное увеличение размеров движения, как в пассажирском пригородном сообщении, так и грузовом сообщении, и необходимость исключения враждебности грузовых и пассажирских маршрутов рассматривается возможность строительства дополнительной железнодорожной ветки по маршрутам Владимирская – Тайцы – Бронка.

В последние годы уже наблюдается тенденция переключения части грузов с железной дороги на автомобили, о чём свидетельствуют следующие данные государственной статистики. Среднегодовой объем перевозки грузов на автомобильном транспорте в Санкт-Петербурге за период 2005-2014 гг. (данные за 2015 год Росстат будет публиковать в первом квартале 2017 года) составил 34,5 млн. тонн в год. Объемы перевозок в 2014 году соответствовали показателю 2005 года и составили 26,4 млн. тонн, но показали сокращение по сравнению с пиковым показателем 2008 года (43,5 млн. тонн) на 39%. Одновременно с отрицательной динамикой темпа прироста грузовой базы за последние 10 лет наблюдается увеличение дальности перевозок грузов на автомобильном транспорте, по Санкт-Петербургу на 40%, по Российской Федерации в целом на 55%.

Обслуживание всех авиационных грузов в аэропорту обеспечивает специально созданный грузовой терминал. Грузооборот аэропорта «Пулково» в период с 2011 года по 2015 год включительно составляет около 30 тыс. тонн в год. Технологические возможности грузового терминала позволяют обеспечить обработку грузов в объеме до 55 тыс. тонн в год, что удовлетворяет в настоящее время потребности аэропорта в грузовой инфраструктуре.

Подводя краткий итог, очевидно, что Санкт-Петербург остается вторым по значимости транспортным центром России со сложившейся структурой пассажиро- и грузопотоков, имеющим существенный потенциал развития, прежде всего за счет мультимодальности перевозок, повышения скорости сообщений, внедрения современных технологических решений, оптимизации использования инфраструктуры.



Санкт-Петербург. Конгрессно-выставочный центр Экспофорум:  
Сергей Барышников председатель СЗРО ПАТ (слева) и Александр Головин председатель  
Комитета по транспорту СПб (справа) в рамках Международного  
инновационного форума пассажирского транспорта «Smart Transport»  
подписывают Соглашение 26 мая 2016 года.



Председатель СЗРО ПАТ Сергей Барышников, председатель Комитета  
по транспорту СПб Александр Головин, заместитель председателя Комитета  
по транспорту СПб Алексей Львов (справа) после подписания Соглашения.

## ЧЕТВЕРТАЯ ИНДУСТРИАЛЬНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ (INDUSTRIE 4.0) В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*И.Г. Малыгин д.т.н., профессор, директор;*

*В.И. Комашинский д.т.н., заместитель директора по научной работе  
ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко.*

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные черты новой индустриальной революции в сфере транспорта. Показано, что ключевой технологической платформой для новой индустриальной революции (не зависимо от сфер ее приложения) являются когнитивные информационно-сетевые технологии интегрированные (точнее, конвергированные) с технологиями индустриального искусственного интеллекта. Отмечаются также, важнейшие изменения, которые ожидаются в облике автотранспорта и автодорожной инфраструктуре.

В понятиях, связанных с экономическим и социальным развитием цивилизации, всегда подразумевается движение и перемещение людей, информации, знаний, сырья, товаров, услуг и других атрибутов развития [1]. Чем быстрее и в больших объемах могут перемещаться (посредством транспортных систем) в пространстве перечисленные атрибуты экономики, тем выше потенциальные темпы развития общества. В самом общем представлении, транспортные системы включают транспортные средства (автомобильные, авиационные, морские, железнодорожные и др.) и их транспортные магистрали (автодорожные, воздушные, водные, железнодорожные и др.). Значительная часть отмеченных атрибутов развития перемещается по различным транспортным магистралям посредством разнородных транспортных средств. Другими словами, ускорение развития транспортных инфраструктур естественным образом стимулирует ускорение развития экономики и общества в целом [2,4].

Анализируя траекторию развития технологий построения транспортных средств и транспортных магистралей, трудно не заметить положительную ее корреляцию с траекторией развития информационных и телекоммуникационных технологий (в широком их смысле). Это объясняется,

прежде всего, тем, что технологии построения транспортных систем являются информационно емкими (для их реализации требуется некоторый, критичный объем информации и знаний). Например, для перехода от гужевого транспорта к паровозам и железным дорогам потребовалось несколько тысяч лет формирования, технологий сбора, накопления и применения знаний в самых разных областях, прежде чем появилась возможность изобрести и внедрить технологии построения транспортных систем на паровой тяге.

Переход от паровых двигателей к двигателям внутреннего сгорания и современным транспортным системам произошел гораздо быстрее в связи с ускорением прогресса в области информационных, телекоммуникационных и промышленных технологий и формированием новых, электронных методов получения, хранения, переноса и применения данных информации и знаний.

Особенностью наступающей постинформационной эпохи является усиление акцента на технологиях получения новых знаний и разработке способов их применения посредством специальных технических систем, получивших название искусственных когнитивных технических систем [1, 2]. Применительно к транспортной сфере эти технологии уже находят применение в рамках создания автономных (роботизированных) транспортных средств и интеллектуальных магистралей.

Совершенствование информационных и сетевых технологий (рис. 1) провоцирует, так называемые "Индустриальные революции" (рис. 2) которые всегда были и остаются ключевыми движущими силами развития национальных и глобальной экономик на протяжении последних двух столетий. Опыт прошедших лет свидетельствует о том, что смена индустриальной парадигмы не происходит в одночасье, она протекает последовательно шаг за шагом [5].

В этом контексте, очередная (рис. 2), четвертая индустриальная революция (Industrie 4.0) требует пристального внимания, эффективного управления и кропотливой совместной работы ученых, инженеров, экономистов и политиков. Анализ особенностей предшествующих индустриальных революций, их движущих сил и вызванных ими экономических и социальных последствий, позволяет более осмысленно подойти к организации и проведению очередной – неоиндустриальной революции.

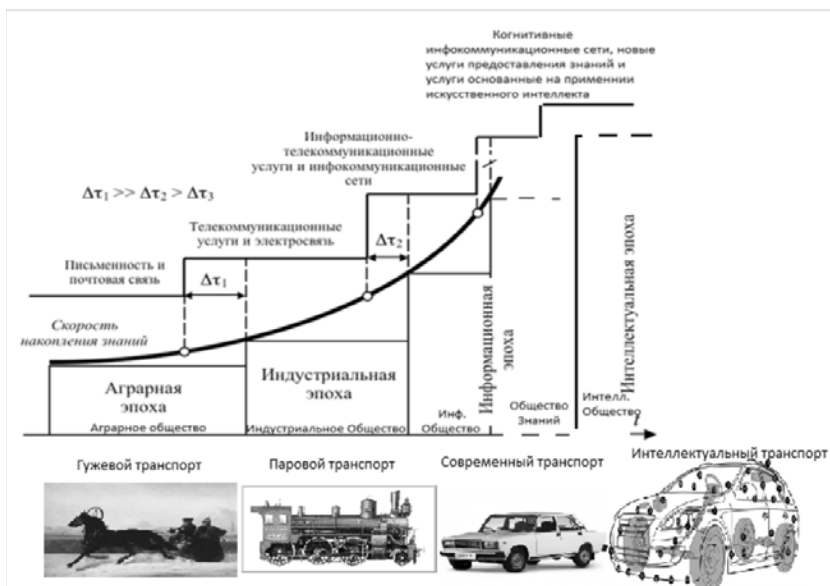


Рис. 1. Коэволюция информационных, индустриальных и транспортных технологий

**Первая индустриальная революция** (см. рис. 2) началась с появления паровых двигателей, введения механического производственного оборудования и создания транспорта на паровой тяге (пароходов, паровозов и железных дорог).

**Отличительной особенностью второй индустриальной революции** стало широкое использование электричества и двигателей внутреннего сгорания с электрическим зажиганием, что привело к появлению электрического промышленного оборудования, конвейерной ленты, электротранспорта и широкого перечня электрифицированных бытовых изделий, а также нового поколения транспортных средств (автомобилей, мотоциклов, теплоходов, самолетов и т.д.).

**Третья индустриальная революция** характеризуется автоматизацией производственных процессов на основе широкого использования электроники, информационных и коммуникационных технологий, а также выпуском более совершенных компьютеризированных бытовых и промышленных изделий, автоматизированных транспортных систем – наземных, воздушных, морских, космическим (в том числе и автопилотных).

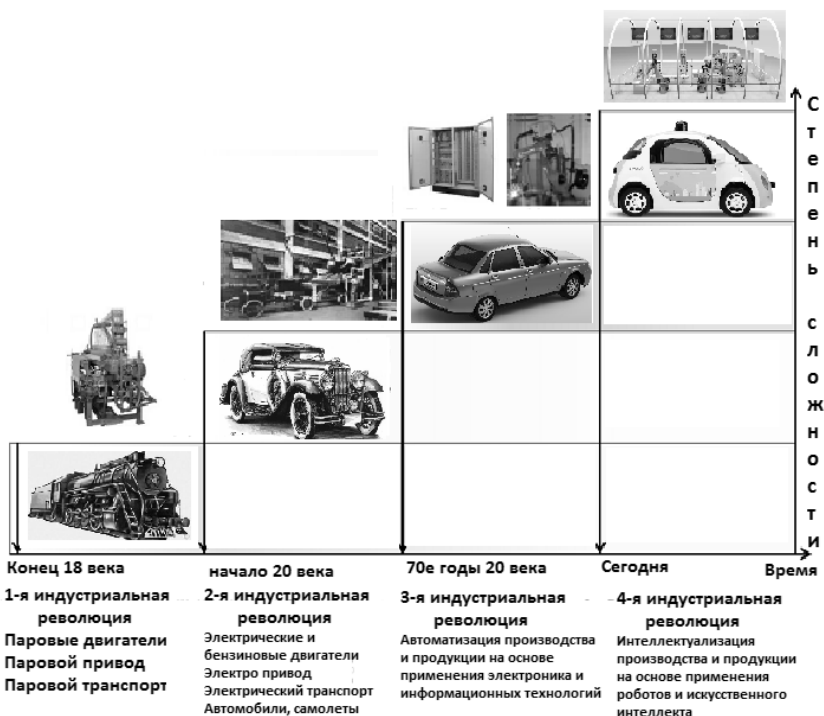


Рис. 2. Козволюция индустриальных и автотранспортных технологий

**Основой наступающей четвертой индустриальной революции** станет широкое использование элементов промышленного искусственного интеллекта и когнитивных информационно-управляющих системы. **Когнитивные индустриальные информационно-управляющие системы** призваны обеспечить сетевую интеграцию встроенных информационных структур и элементов искусственного интеллекта в объекты, материалы и машины, а также системы логистики, координации и управления процессами и их совместное сетевое взаимодействие [1-2].

Независимо от того, как будет происходить развертывание концепции Industrie 4.0 – революционно или эволюционно, ее реализация приведет существенному изменению парадигмы на промышленное производство, выпускаемую ею промышленную продукцию и экономику в целом [6,7,11,13].



Основными движущими силами, приведшими к появлению концепции Industrie 4.0, явилось осознание научными, экономическими и политическими элитами ряда стран того, что важнейшими факторами и показателями научно-технического прогресса и уровня развития государства являются его достижения в области электроники, машиностроения и эффективного использования энергии.

Новые достижения в области электроники стали основой для совершенствования машиностроения, которое обеспечивает создание более технологичных и энерго-эффективных средств производства (станков, оборудования, приборов, машин, приспособлений), а также все более совершенной производимой с их помощью продукции.

То что доминирование в научно-техническом развитии страны в условиях современной глобальной рыночной экономики является основой для достижения ею конкурентных экономических преимуществ, отчетливо проявилось в ходе трех предшествующих индустриальных революций, поэтому во многих странах осуществляется непрерывный поиск путей ускорения научного и индустриального развития.

Для формирования единой терминологии, международный консорциум «Industrie 4.0» в 2013 году принял согласованное рабочее определение для «Industrie 4.0» в соответствии с которым под «Industrie 4.0» понимается [7, 8]: «Технологическая платформа для четвертой промышленной революции, обеспечивающая новый уровень организации и управление деятельностью всей цепочки создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла произведенной промышленной продукции. Этот цикл направлен на удовлетворение индивидуализированных пожеланий клиентов и охватывает все этапы производства, включая формирование идеи, разработку, изготовление, доставку продукта потребителю, утилизацию после завершения жизненного цикла и оказание сопутствующих услуг (технического обслуживания). Продуктивность Industrie 4.0 опирается на полноту, достоверности и доступности требуемой для производства информации в режиме реального времени, которая предоставляется через индустриальные информационно-управляющие сети всем исполнительным устройствам, включенным в цепочку создания стоимости, и обеспечивает при этом оптимальное использование производственных ресурсов. Сетевое подключение людей, объектов и систем, создает широкие возможности для самоорганизации и многокритериальной оптимизации производства в реальном

масштабе времени по таким показателям, как наличие, расход и потребление производственных ресурсов».

Для более отчетливого рассмотрения изменений ожидаемых при переходе к «Industrie 4.0» целесообразно рассмотреть инфраструктурные особенности (см. рис. 3) характерные для текущей индустрии (в соответствии с используемой терминологией – «Industrie 3.0»).

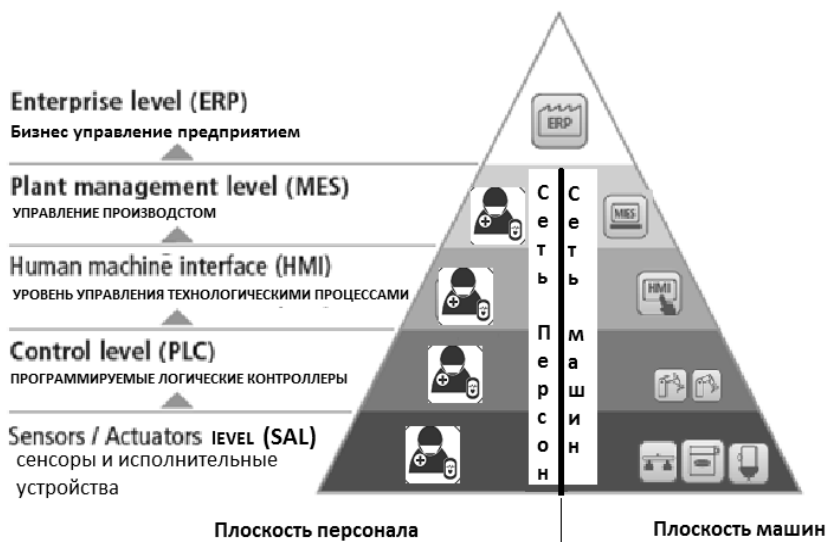


Рис. 3. Иерархическая архитектура существующей системы автоматизированного управления промышленным предприятием

Нужно отметить что «Industrie 3.0» отличается от «Industrie 2.0» широкой автоматизацией производственных процессов на основе применения программируемых логических контроллеров (PLS) и индустриальных информационно-управляющих сетей (рис. 4).

На информационном уровне (рис. 4.) осуществляется формирование, хранение и распределение информационных моделей изделий (например, судов и локомотивов, автомобилей, самолетов, и т.д.) и алгоритмов их преобразования в промышленные изделия, материализуемые на уровне устройств.

На уровне управления осуществляется распределение и контроль выполнения задач (детализированных информационных моделей) между ло-

гически взаимосвязанными группами производственных объектов (через сети подуровня систем), распределение задач и управление различными исполнительными устройствами (роботами, станками, инструментами и т.д.) посредством сетей подуровня объектов.

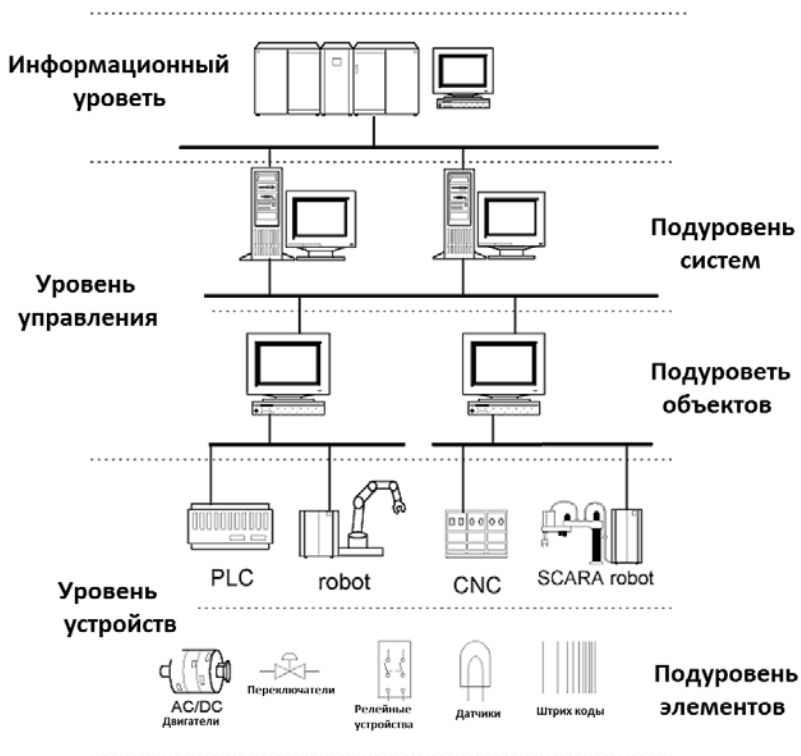


Рис. 4. Обобщенная архитектура современных промышленных информационно-управляющих сетей

На уровне устройств обеспечивается выполнение физических действий (в соответствии с информационными моделями) на основе преобразования предоставленных ресурсов (информационных материальных и энергетических) в конечную продукцию.

Как следует из рис. 3 и рис. 4, в промышленных информационно-управляющих сетях, можно выделить две логические плоскости: плоскость персонала и плоскость машин.

Плоскость персонала является доминирующей в процессах разработки (информационных моделей продукции и алгоритмов их преобразования в промышленные изделия), построения (формирования промышленной инфраструктуры) и управления (процессом производства изделий).

Иными словами, в ходе третьей индустриальной революции – «Industrie 3.0», были алгоритмизирована и автоматизирована (передана техническим устройствам) значительная часть физических тяжелых действий людей задействованных в индустриальном производстве, при этом интеллект людей оставался незаменим на всех этапах жизненного цикла промышленных предприятий (и создаваемых ими изделий). Необходимо еще раз подчеркнуть, что базовой платформой, на которой была проведена третья индустриальная революция, явились новые (на то время) информационно-сетевые технологии.

Существующая в настоящее время (см. рис. 3. и рис. 4.) жесткая иерархическая архитектура системы автоматизированного управления промышленным предприятием (в рассматриваемом случае, занимающегося выпуском автомобилей) определяет жесткую последовательную процедуру выполнения работ (рис. 5).

В таких условиях переход на выпуск новой или модифицированной продукции достаточно сложен, поскольку требует введения корректировок на всех уровнях архитектуры (см. рис. 3. и рис. 4.).

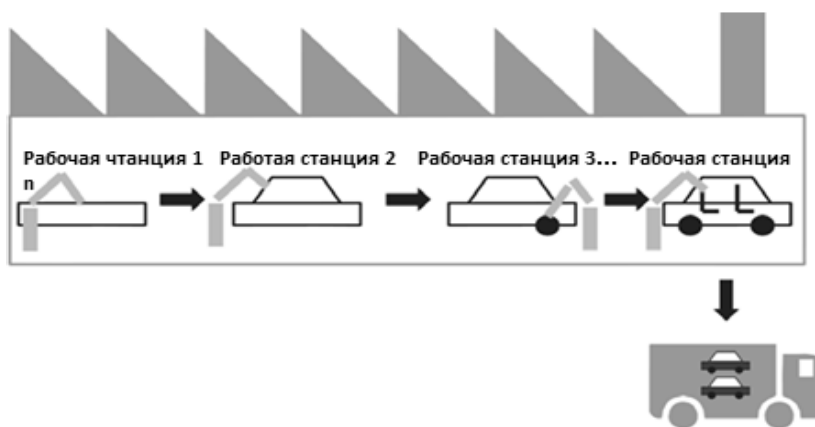


Рис. 5. Выполнение работ на существующей производственной линии

При этом индивидуальные требования клиента не всегда могут быть удовлетворены, например, практически нет возможностей по установке компонент из другой группы продукции, изготавливаемых в этой же компании.

Отличительной особенностью новой индустриальной эпохи – «Industrie 4.0» является постепенный перенос (передача) части интеллектуальных функций (ранее поддерживаемых только людьми), специальным техническим (когнитивным) индустриальным системам.

Поэтому в процессе реализации концепции «Industrie 4.0», потребуется, прежде всего, создание плоскости специализированной когнитивной инфокоммуникационной сети персонала (левая часть рис. 6), которая предназначена для предоставления ему, точных контекстных декларативных и процедурных промышленных знаний в реальном масштабе времени. И только после этого у персонала появляются возможности формирования плоскости индустриальной когнитивной информационно-управляющей сети (правая часть рис. 6) и загрузки (передачи) индустриальных знаний (первичных) для промышленного оборудования.

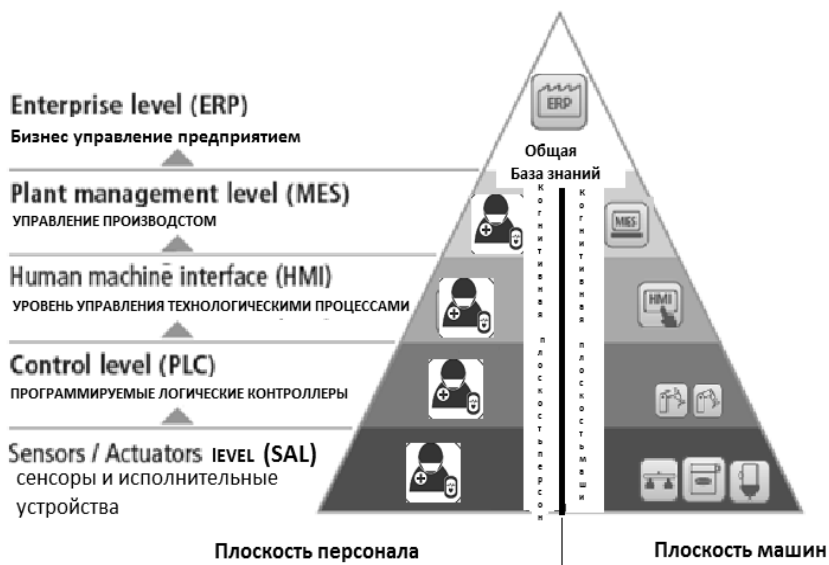


Рис. 6. Иерархическая архитектура перспективной системы интеллектуального управления промышленным предприятием

Обобщенная архитектура перспективной когнитивной промышленной информационно-управляющей сети представлена на рис. 7.

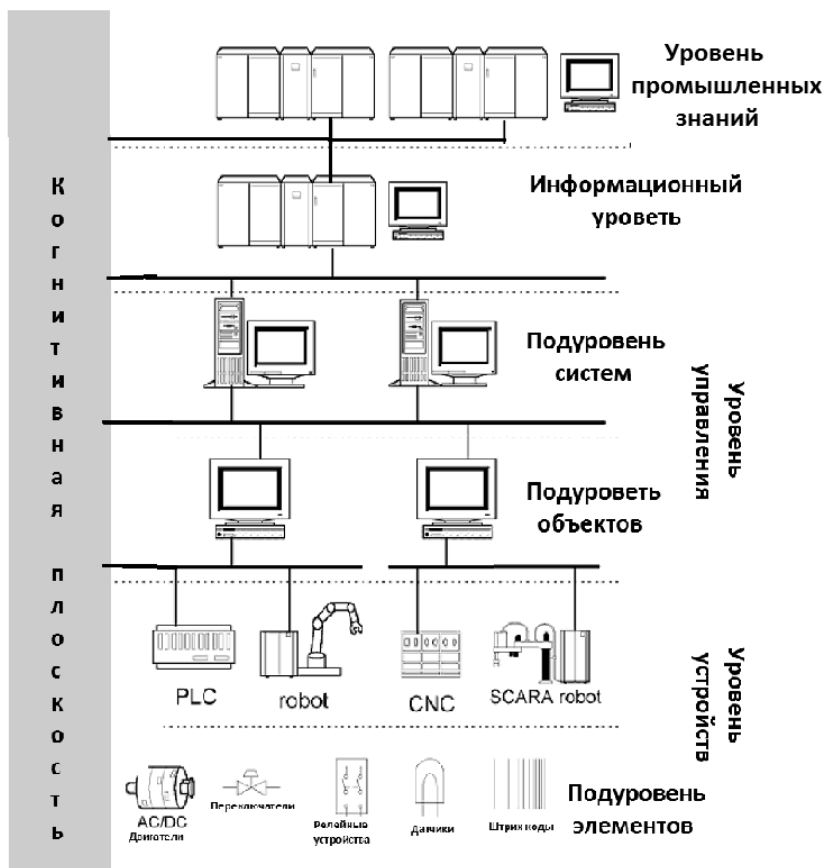


Рис. 7. Обобщенная архитектура перспективной когнитивной промышленной информационно-управляющей сети

Таким образом, система управления интеллектуальным промышленным предприятием включает когнитивную плоскость людей (в составе интеллектуальных прикладных процессов и баз знаний для обслуживающего персонала) и когнитивную плоскость машин (в составе информационных приложений, промышленных операционных систем и промышленного интеллекта).

Логическая архитектура (рис. 6) открывает широкие возможности не только для существенного повышения эффективности производственного процесса, но и для функциональных и качественных характеристик выпускаемой продукции (на счет ее интеллектуализации).

В частности, автоматизированные производственные линии (рис. 5) используемые в настоящее время в рамках концепции Industrie 3.0 трансформируются в ходе реализации концепции Industrie 4.0 в интеллектуальные производственные сети (рис. 8) при этом каждое изготавливаемое изделие (в нашем случае - автомобиль) может перемещаться (коммутироваться) в пределах завода. Такая динамически реконфигурируемая производственная сеть позволяет смешивать и сочетать оборудование, которым оснащается каждый автомобиль (рис. 8), в соответствии с конкретной модификацией и комплектацией модели, или на основе индивидуальной комплектации, выбранной по предзаказу в автосалоне конкретным покупателем (что характерно для немецких автоконцернов).

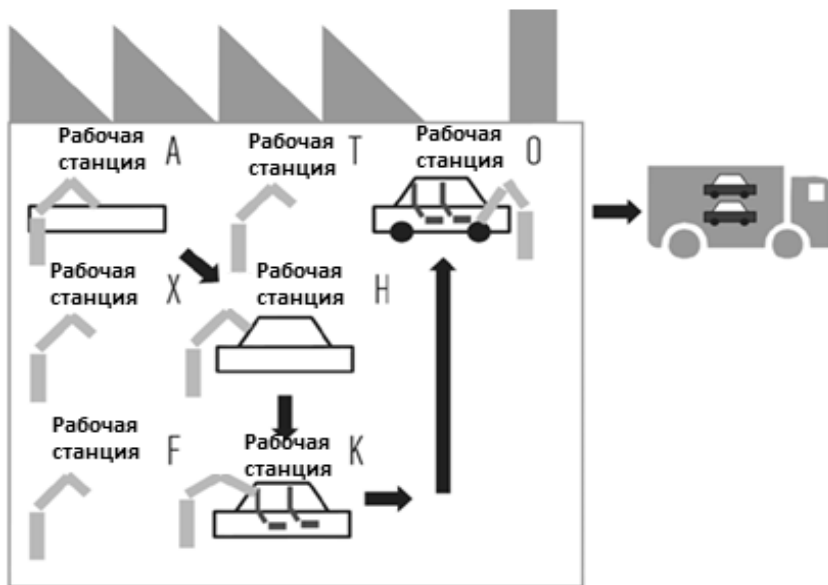


Рис. 8. Выполнение работ в перспективной интеллектуальной производственной сети

Кроме того, индивидуальные вариации в изделии могут быть реализованы на любом этапе производства в ответ на обнаруженные технические проблемы или для внедрения очередных инновационных решений.

Как было отмечено ранее, отличительной особенностью каждой индустриальной революции, являлось не только повышение производительности и качества труда, но и совершенствование производимой продукции и сопутствующей ей инфраструктуры. Например, изобретение паровых двигателей (в период первой индустриальной революции) привело не только к появлению индустриальных паровых молотов и станков, но и к появлению паровозов и железных дорог. Изобретение электрических двигателей и двигателей внутреннего сгорания (в период второй индустриальной революции) привело не только к радикальным изменениям в производственной сфере, но и к появлению автомобильного и электрического транспорта, а также сопутствующих им автомобильных и электрифицированных транспортных магистралей.

Очередная индустриальная революция также приведет к существенным изменениям в производимой ею продукции и сопутствующей ей инфраструктуре. Таким образом, интеллектуализация транспортной индустрии приведет к появлению интеллектуального транспорта и потребует интеллектуализации транспортных путей (автомобильных, железнодорожных, морских, авиационных и др.)

Отличительной особенностью умной промышленной продукции является то, что помимо аппаратных и программных компонент в ее состав входят датчики, исполнительные устройства, базы данных (информации и знаний), микропроцессоры, элементы искусственного интеллекта, а также сетевые инфраструктуры, обеспечивающие взаимодействующие всех составных частей друг с другом. Новая промышленная продукция (по сравнению с традиционной) будет отличаться более высокой функциональностью и сложностью. Например, интеллектуальные автомобили (рис. 9) будут оснащены датчиками, позволяющими им автономно оценивать внешнее окружающее пространство и свое внутренне состояние.

Входящие в состав интеллектуального автомобиля (рис. 9) процессоры, программное обеспечение и элементы искусственного интеллекта делают автомобиль «умным» (обеспечивают обработку информации, получение знаний и планирование действий), придают ему возможность автономно принимать решения, самообучаться и разумно выполнять действия.



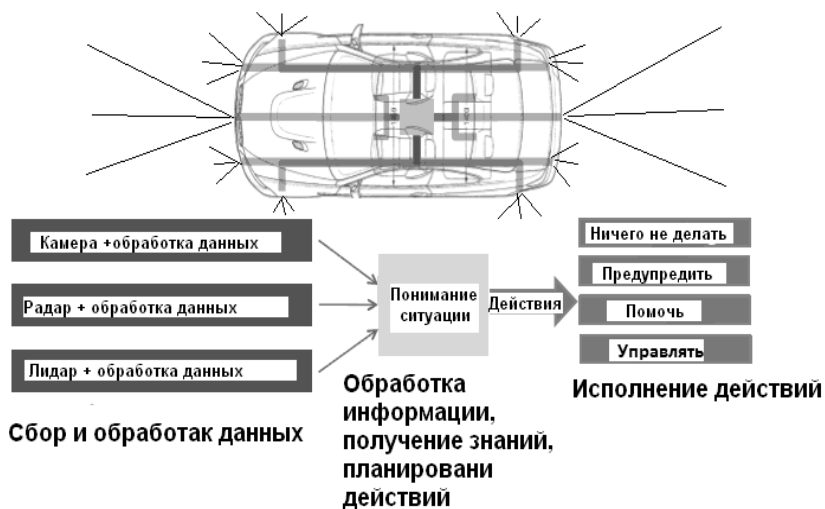


Рис. 9. Обобщенная архитектура интеллектуального автомобиля

Сетевые инфраструктуры интеллектуального автомобиля призваны обеспечивать взаимодействие его внутренних элементов, а также взаимодействие с умной внешней окружающей средой (другими интеллектуальными автомобилями и «умной» автодорогой) в интересах общего эффективного и безаварийного функционирования. **Интеллектуальные автомобили используют различные исполнительные устройства (приводы) для изменения собственного состояния и различные системы сигналов (акустических, оптических электромагнитных), для того чтобы оказывать влияние на свое внешнее окружение. Интеллектуальные автомобили способны автономно и/или на основе внешних команд реагировать и адаптироваться к изменениям окружающей среды.**

Очевидно, что возможности интеллектуальных автомобилей будут эффективно применяться и могут быть существенно расширены за счет интеллектуализации автомобильных дорог (рис. 10), дополненных датчиками, интеллектуальным дорожным оборудованием (умными светофорами, адаптивными дорожными знаками и указателями), другими системами, поддерживающими функциональное и информационное взаимодействие с автомобилями, водителями и пешеходами.

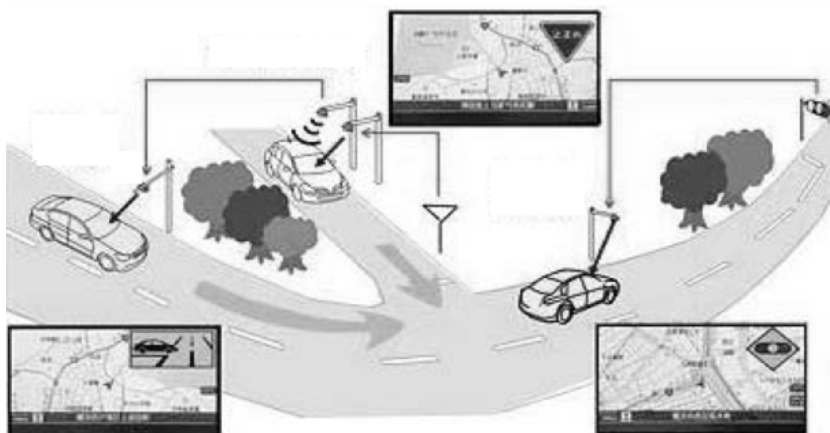


Рис. 10. Интеллектуальные автодороги

Важно также отметить такую особенность новой индустриальной революции [13], как непрерывное сетевое взаимодействие всех перечисленных элементов, в результате которого становится реализуемо эффективное управление всеми звеньями жизненного цикла автотранспорта (см. рис. 11).



Рис.11. Сквозное (бесшовное) управление всеми звеньями жизненного цикла автотранспорта

Применительно к автотранспортной индустрии логическая архитектура «Industrie 4.0» призвана управлять всеми этапами жизненного цикла автомобиля, начиная от получения персонифицированного заказа от покупателя и заканчивая утилизацией (рис. 12).

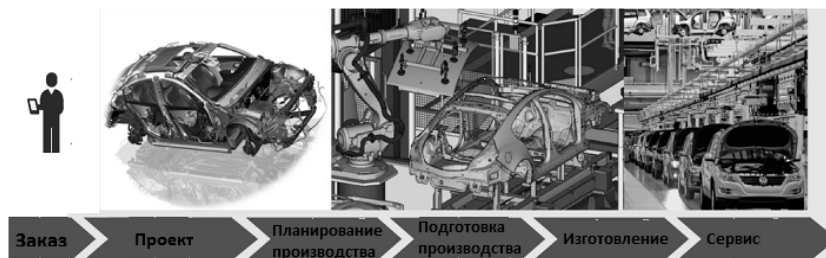


Рис. 12. Управление всеми этапами жизненного цикла автомобиля

Длительное сетевое взаимодействие всех интеллектуальных сетевых элементов (интеллектуальных промышленных предприятий, интеллектуального транспорта, «умных» дорог и интеллектуального автосервиса), в конечном итоге, приводит к увеличению производительности и стоимости каждого из них. Таким образом, формируется «самовоспроизводящийся цикл повышения стоимости».

Сетевые элементы (промышленные встраиваемые в продукцию и дорожную инфраструктуру) выполняют две основные функции:

**во-первых**, они дают возможность обмена данными между продуктом и его операционной средой, производителем, системами технического обслуживания и пользователями;

**во-вторых**, некоторые функции физического продукта (в нашем случае автомобиля) могут быть переданы на внешние системы (например, в случае выхода из строя системы управления интеллектуального автомобиля, функции управления им может взять на себя «интеллект» дороги).

**Выводы:** в данной статье рассмотрены особенности проявления новой индустриальной революции в сфере транспорта. В других сферах промышленного производства (авиастроения, ракетостроения, судостроения и т.д.), будут в целом сохраняться отмеченные проявления (естественно будут иметь место и характерные для каждой сферы особенности). Вместе с тем важно еще раз подчеркнуть, что ключевой технологической платформой для новой индустриальной революции (не зависимо от сфер ее приложе-

ния) продолжают оставаться промышленные информационно-сетевые технологии (как и на протяжении третьей индустриальной революции), интегрированные (точнее, конвергированные) с технологиями индустриального искусственного интеллекта.

## Литература

1. В.И. Комашинский. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети Вестник связи. 2011. №10. С. 4-8.
2. И.Г. Малыги, В.И. Комашинский, П.Н. Афонин Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей. Журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» 2015 №4. С. 68-73.
3. В.И. Комашинский, Д.В. Комашинский Когнитивная метафора в развитии телекоммуникационных и индустриальных сетевых инфраструктур, или первые шаги к постинформационной эпохе Журнал «Технологии и средства связи». 2015. № 1. С. 62-67.
4. И.Г. Малыги, В.И. Комашинский Некоторые проблемы построения когнитивных транспортных систем и сетей. Труды международной конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015 год» Том.1. С. 3-8.
5. Bauer, J./Schlund, p./Marrenbach, D./Ganschar, O., Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Berlin 2014. P. 5-30.
6. Bauernhansl, T./ten Hompel M./Vogel-Heuser B., Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologie, Migration, Wiesbaden 2014. P. 12- 17.
7. Kagermann, H./Riemensperger, F./Hoke, D./Helbig, J./Stocksmeier, D./Wahlster, W./Scheer, AW./ Schweer, D., Smart Service Welt - Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Berlin 2014. P.14-34.
8. Kagermann, H./Wahlster, W./Helbig, J., Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Frankfurt/Main 2013. P. 5-105.

9. Kersten, W./Schröder, M./Indorf, M. (2014), Industrie 4.0 – Auswirkungen auf das Supply ChainRisikomanagement, in: Kersten, W./Koller, H./Lödding, H. (Hrsg.), Industrie 4.0 – Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern, Berlin 2014, P. 101-126.

10. Mertens, P. (2015), Industrie 4.0 – Herausforderungen auch an Rechnungswesen und Controlling im Überblick, in: Controlling – Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmensteuerung, 27. Jg. (2015), H. 8/9., o. p. P. 27-29.

11. Porter, M.E./Heppelmann, J.E., Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern, in: Harvard Business Manager 12/2014, P. 34-61.

12. Roland Berger (Hrsg.), INDUSTRIE 4.0 -The new industrial revolution: How Europe will succeed, München 2014. P.1-16.

13. Industrie 4.0 | Controlling in the Age of Intelligent Networks  
[https://www.icv.controlling.com/fileadmin/Assets/Content/AK/Ideenwerkstatt/Files/Dream\\_Car\\_Industrie\\_4.0\\_EN.pdf](https://www.icv.controlling.com/fileadmin/Assets/Content/AK/Ideenwerkstatt/Files/Dream_Car_Industrie_4.0_EN.pdf)

## АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИПОРТОВОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ СЕТИ РЕГИОНА

*Ю.Г. Котиков д.т.н., профессор, почетный академик ОО «РАТ»  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет (СПбГАСУ)*

**Аннотация.** Анализ пространственных особенностей транспортной инфраструктуры Ленинградского региона (ЛР – СПб совместно с Ленинградской областью), узловая значимость его в широтном и меридиональном транспортных коридорах, приводят к необходимости формирования модели мультипортовой мультимодальной полицентрической сети (ММПС), формируемой на основе современной Транспортной географии [1, 2]. Она должна стать сетевой основой модели транспортно-логистической системы (ТЛС) этого региона.

Вспользуемся терминологией современной Транспортной географии. Концентраторами потоков в сети являются Шлюзы (Gateways) мультимодальных и Хабы (Hubs) унимодальных транспортных сетей (часто любой концентратор называют Хабом). Коридор – последовательность вершин и ребер, поддерживающих модальные потоки грузов (рис.1).

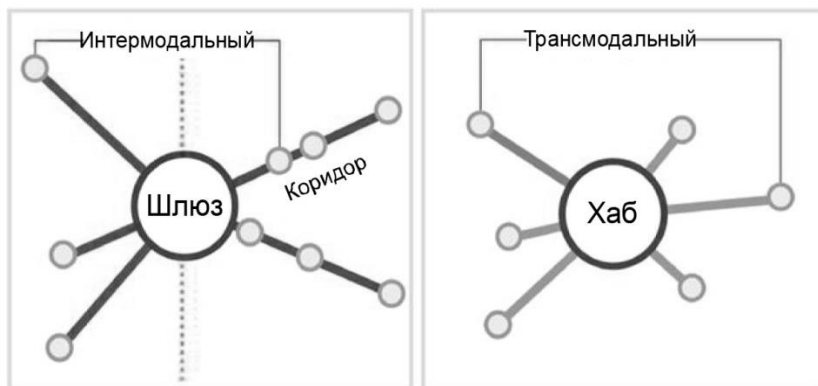


Рис.1. Концентраторы потоков сети

В мировых портах реализуется концепция “Foreland – Hinterland” («Форленд – Хинтерленд») (рис. 2) [1 – 4]. Foreland – морское пространство локаций контрагентов, с которыми порт поддерживает коммерческие отношения и производит товарообмен. Hinterland – наземное пространство локаций агентов, сотрудничающих с портом. Используется понятие Inland – внутренняя часть страны, территория, удалённая от моря или границы. Inland-терминал, Сухой порт (Dry port) – по сути синонимы.

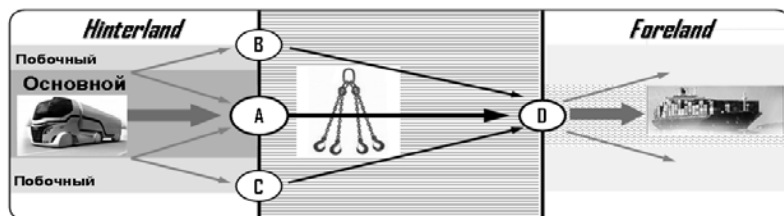


Рис. 2. Отображение концепции “Foreland – Hinterland”

Сухой порт выполняет функции перевалочного пункта, разгружая терминалы морского порта (МП). Hinterland может иметь автомобильный, железнодорожный, речной, воздушный и трубопроводный фронты действий. Hinterland, содержащий лишь собственные Inland-терминалы порта, является основным. Порт может иметь побочный Hinterland – в случае взаимодействия с Inland-терминалами другого порта. Согласно функциям сухих портов и их расстояниям от морского порта выделяют три их основных категории: ближний (до 100 – 150 км), среднеотдаленный (до 400 – 500 км), а также дальний (более 500 км) сухие порты [3, 4].

В континентальных зонах деловой активности: Европейской, Северо-Американской и Юго-Восточно-Азиатской – наблюдается интенсивное взаимопроникновение зон Hinterland множества портов, приводя к мультипортовости экономических зон и полицентричности ТЛС [5]. По сути дела, возникли гигантские континентальные экономические кластеры.

Кластер обладает свойствами кооперации и одновременно взаимной конкуренции его участников, формирования уникальных компетенций региона и за счет этого – дает синергетический эффект, повышает конкурентоспособность экономики территории в целом. Транспортно-логистический кластер (ТЛК) определяется как группа географически ло-

кализированных взаимосвязанных компаний, специализирующихся на хранении, сопровождении и доставке грузов и пассажиров, а также организаций, обслуживающих объекты инфраструктуры и других организаций, взаимодополняющих и усиливающих сильные стороны друг друга и реализующих конкурентные преимущества данной территории.

Географическая основа экономического кластера требует для его моделирования, проектирования и управления использования геоинформационных технологий – создания и использования соответствующих ГИС-моделей. Столь масштабное моделирование возможно лишь средствами ГИС уровня ArcGIS [6]. Этот инструментарий нами и привлечен для создания геоинформационного базиса ММПС ТЛК ЛР.

Важным элементом ГИС-моделирования является картографическая подготовка. На базе картографических и растровых материалов облака Esri, ресурсов Open Street Map, Google, Yandex и других источников нами осуществлена подготовка картографических слоев ареала ЛР, со сведением их в ArcGIS к одной системе географических координат.

Цифрование объектов транспортно-логистической инфраструктуры (морских путей и портовых объектов, сетей АД, ЖД, множества терминально-складских, промышленных и других объектов) проводилось, расширяясь поступательно, начиная с ареала собственно СПб, затем с охватом «малой» агломерации (в пределах трудовой миграции СПб), за ней – «большая» агломерация (в пределах будущей Окружной АД на основе А-120), и наконец – с охватом всей Ленинградской области [7, 8].

На каждом из названных этапов осуществлялось обеспечение внутри-модальной и межмодальной связности сетей, навигация по ним (рис. 3).

В среде ArcGIS нами решались отдельные транспортные задачи. Например, осуществлено имитационное моделирование трафика и выполнено технико-экономическое обоснование проекта модернизации транспортной развязки на Красногвардейской площади СПб [9].

Другая задача – оценка эффективности перевозок из 7 грузовых районов Большого порта в 32 грузопоглощающих объекта города (матрица 7x32) с использованием маршрутов по КАД вместо маршрутов по городу [8]. При решении таких задач нарабатывались методические и алгоритмические схемы для переноса их в модели ММПС ЛР.



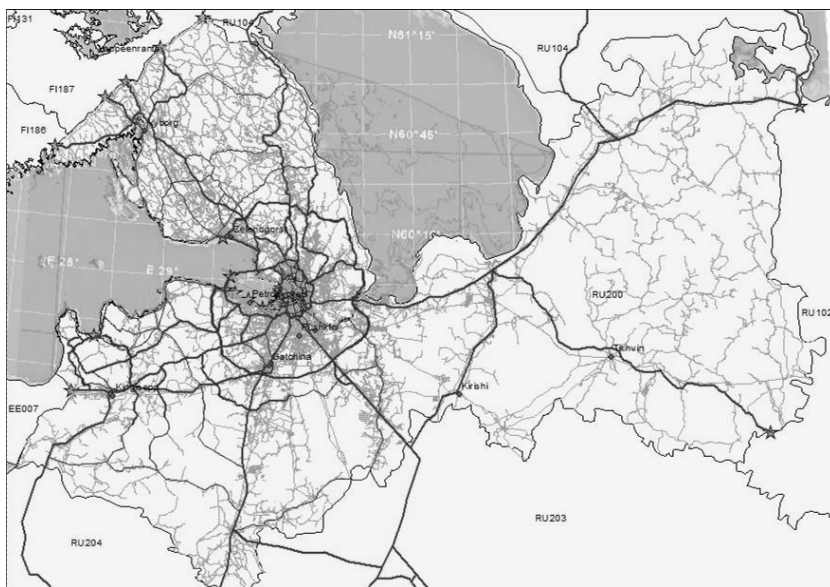


Рис. 3. Опорная сеть АД (Грузовой каркас АД) ЛР



Рис. 4. Мультимодальная сеть автомобильных и железных дорог, морских путей и терминально-складских объектов ЛО

Оцифровав слои АД, ЖД, морских путей и терминально-складских объектов ЛР, в ArcGIS Network Analyst собрали их в мультимодальный сетевой набор (рис. 4). При этом обеспечена связность не только модальных сетей, но и возможность перевалки грузов между модальными сетями в мультимодальных перевозках.

Для моделирования международных перевозок в среде ArcGIS осуществлена интеграция с моделью мультимодальной транспортной сети ЕС по авторской методике [7]. На рис. 5, в качестве примера, отображена перевозка по маршруту Любек – Новгород, сначала морем до Усть-Луги, а затем автотранспортом.

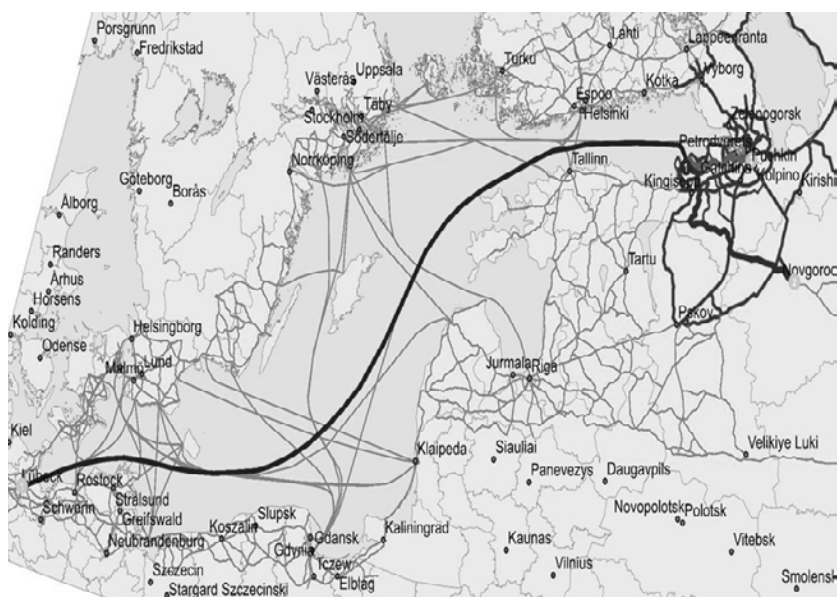


Рис. 5. Маршрут мультимодальной перевозки Любек – Новгород

Для моделирования внутрипортовой инфраструктуры сформирована типовая структура базы геоданных (БГД) ArcGIS (см. рис. 6) – развитие ее и наполнение элементами проводим на примере моделирования Усть-Лужского мультимодального комплекса (УЛ ММК) и УЛ Морского порта.

На рис. 7 представлена карта ArcGIS ArcMap действующих и строящихся терминалов УЛ МП, а также существующих АД и ЖД. Оцифровка объектов фиксировалась в соответствующих классах БГД.

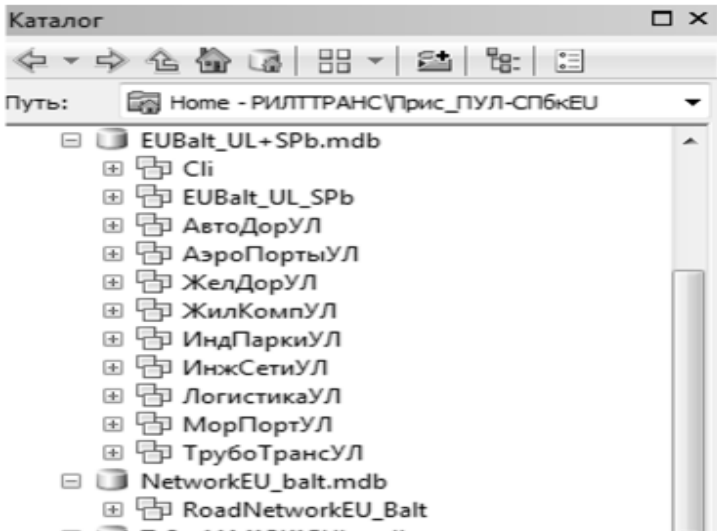


Рис. 6. Верхний уровень создаваемой базы данных УЛ ММК в ArcCatalog



Рис. 7. Отображение слоев действующих Терминалов, АД и ЖД УЛ МП в ArcMap

В качестве примера внутривпортовой детализации сетей АД и ЖД, на рис. 8 отображена перспективная транспортно-логистическая инфраструктура УЛ ММК (без детализации многопутья ЖД станций), выстроенная в среде ArcGIS. Перспективные сети, промышленные парки и аэропорты построены по доступным проектным данным развития УЛ ММК до 2025 – 2030 г.. На этом рисунке показан маршрут перемещения груза – сначала морским контейнеровозом, затем перегрузка в контейнерном терминале МП и далее автотранспортом.

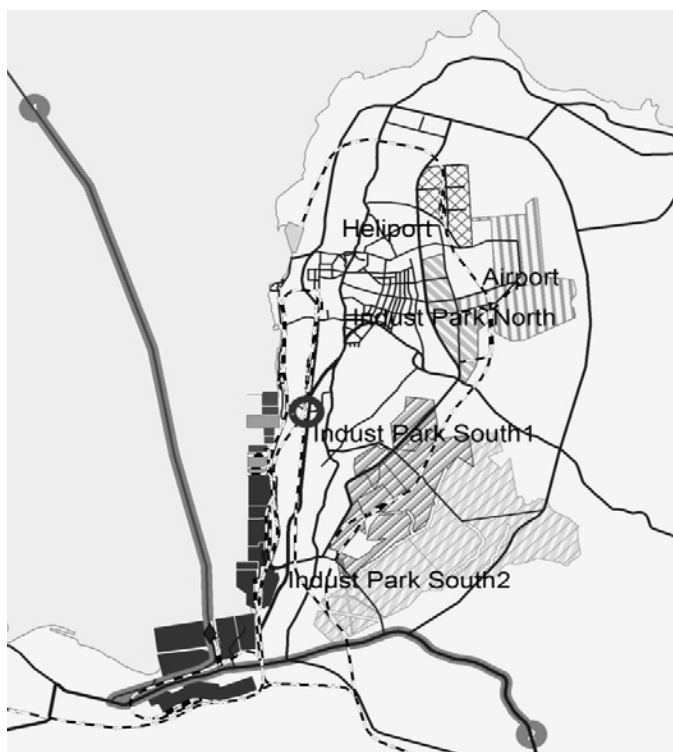


Рис. 8. Перспективная транспортно-логистическая инфраструктура УЛ ММК

### **Особенности Правил движения объектов на территории портов и промышленных предприятий.**

Как видим по рис. 8, каркас сети автомобильных дорог составляют 4 меридиональных и 3 широтных магистрали федерального/регионального

значения. При этом окаймляющие магистрали будут выполнены с обходом населенных пунктов и рассчитаны на реализацию транзитного движения грузового транспорта; здесь ОДД осуществляется исключительно на основании федеральных нормативных актов в области безопасности (Статья 21 ФЗ, ГОСТ Р 52289-2004, Р 52290-2004, Р 52282-2004, Р 52607-2006, Р 51256-2011), а также – региональных нормативных актов.

Заполнение ареала этого опорного каркаса составит множество дорог обычного типа различной категоричности – от IV до V; но для этих дорог в дополнение к перечисленным нормативным актам возможно применение специальных правил, связанных с особенностями технологических процессов портов и промышленных предприятий и ввозом/вывозом из них. Применение этих правил обусловлено также теснотой заполнения ареала, множеством разнообразных пересечений АД с ЖД, газо-, нефте- водопроводами, ЛЭП; близостью опасных объектов и т.д. Приведем несколько примеров специальных требований (без детализации норм).

Из СНиП 2.05.07-91 Промышленный транспорт:

- необходимо обеспечение безопасности выполнения транспортных, погрузочно-разгрузочных и ремонтных работ;

- должны соблюдаться специальные правила обеспечения безопасности выполнения производственно-технологической перевозки грузов предприятий комплекса;

- ряд специфических требований к внутренним АД промышленных предприятий и организаций комплекса: внутриплощадочным дорогам предприятий, межплощадочным дорогам комплекса, служебным и патрульным АД.

- ряд особых требований к внешним АД предприятий комплекса: подъездные дорогам, соединяющим эти предприятия с дорогами общего пользования, с другими предприятиями, железнодорожными станциями, портами, рассчитанные на пропуск стандартных автомобилей; при этом обособлены дороги для движения транспортных средств и машин на гусеничном ходу;

- специфические требования к расчетным и реализуемым скоростям движения для всего многообразия дорог комплекса (например, расчетные скорости движения на пересечениях и промышленных внутриплощадочных АД – уменьшать в два раза, но принимать не менее 15 км/ч);

- места стоянки автомобилей у погрузочно-разгрузочных фронтов, у проходных и т.п. следует предусматривать за пределами проезжей части дорог в виде специальных полос или площадок;

- специальные параметры плана и продольного профиля внутренних дорог (например, расстояние видимости определяется из условия расположения глаз водителя автомобиля на высоте 2 м над поверхностью проезжей части при нахождении автомобиля на полосе грузового движения на расстоянии 1,5 м от кромки проезжей части);

- пересечения внутренних автомобильных дорог предприятий между собой с подъездными и внутрихозяйственными дорогами, а также с АД общего пользования IV и ниже категорий следует предусматривать, как правило, в одном уровне;

- определены условия необходимости пересечения в разных уровнях в зависимости от категоричности АД, трафика на них, условиям ритмичной подачи и др.;

- пересечение внутренних АД предприятий с железнодорожными путями следует проектировать в соответствии с требованиями этого ГОСТ: определены условия необходимости разных уровней и допустимости одного уровня для всего разнообразия пересекающихся АД иЖД, требования обеспечения расстояния видимости как для водителя, так и для машиниста (в зависимости от категоричности АД и ЖД, допустимых скоростей и стесненности инфраструктуры), расстановки предупредительных знаков;

- пересечения внутренних АД предприятий с трубопроводами (водопроводами, канализацией, газопроводами, нефтепроводами, теплофикационными трубопроводами и т.п.), а также с кабелями линий связи и электропередачи следует предусматривать с соблюдением требований соответствующих нормативных документов по проектированию этих устройств;

- необходимое число дорожных знаков и указателей и места их установки должны обосновываться принятой схемой организации движения транспортных и пешеходных потоков с выделением на дорогах опасных, участков и зон. Особое внимание необходимо уделять вопросам установки знаков и других информационных указателей на участках дорог с ограничением скорости движения.

- разметку проезжей части внутренних дорог следует сочетать с установкой дорожных знаков и предусматривать: на участках дорог с ограниченной видимостью и затрудненными условиями движения; в местах сли-

ния или пересечения транспортных потоков, на перекрестках, съездах, примыканиях, въездах в производственные корпуса; на участках дорог, элементы которых запроектированы с минимально допускаемыми значениями параметров; на переездах и других опасных местах;

- нормируются ограждения, сигнальные столбики и обочины при проектировании межплощадочных дорог;

- предусматривается необходимость стационарного электрического наружного освещения в темное время суток на всех внутренних автомобильных дорогах промышленных предприятий (кроме служебных и патрульных дорог), работающих в две и три смены, с градацией освещенности в зависимости от опасности участка АД, интенсивности трафика, в пунктах погрузки и выгрузки, на пешеходных переходах.

Отметим при этом, что свод правил СНиП Промышленный Транспорт не распространяется на контейнерные площадки – контейнерные пункты морских и речных портов.

Таким образом, для моделирования трафика и управления им в будущем на ареале УЛММК необходимо формирование соответствующих БГД.

В рамках дипломного проектирования студентами СПбГАСУ на базе ГИС-модели решено 7 актуальных задач. Например, Кудрявцев И.В. с привлечением трех известных методов решал задачу размещения сети ближних и среднеотдаленных терминалов УЛ МП (в пределах ЛР – см. рис. 8.). В технико-экономическом обосновании он использовал метод геопривязанных матриц корреспонденций (Источник – Назначение). Для десяти терминалов УЛ МП, приведенных на рис. 7, был использован подграф матрицы корреспонденций ММПС ЛР, отображенной на рис. 8. В технико-экономическом обосновании использовался метод геопривязанных 7 матриц корреспонденций (Источник – Назначение).

Для десяти терминалов УЛ МП, приведенных на рис. 9, был использован подграф матрицы корреспонденций ММПС ЛР, отображенной на рис. 10.

Все это относится к моделированию Хинтерленда.

Теперь обратимся к Форленду. На рис. 11 показаны фарватеры к портам ЛР. Узловая точка с координатами 27 град 01,4 мин Е, 59 град 58,7 мин N южнее острова Гогланд (звездочка) характерна тем, что, во-первых, только через нее осуществляется проход грузовых судов в порты ЛР (с незначительным исключением со стороны Финляндии), и, во-вторых, точка

находится вблизи государственной границы России. Эти два факта способствуют упрощению моделирования логистики перевозок и ВЭД совокупности портов. То есть появляется возможность приведения к схеме Hub-and-Spoke [1].

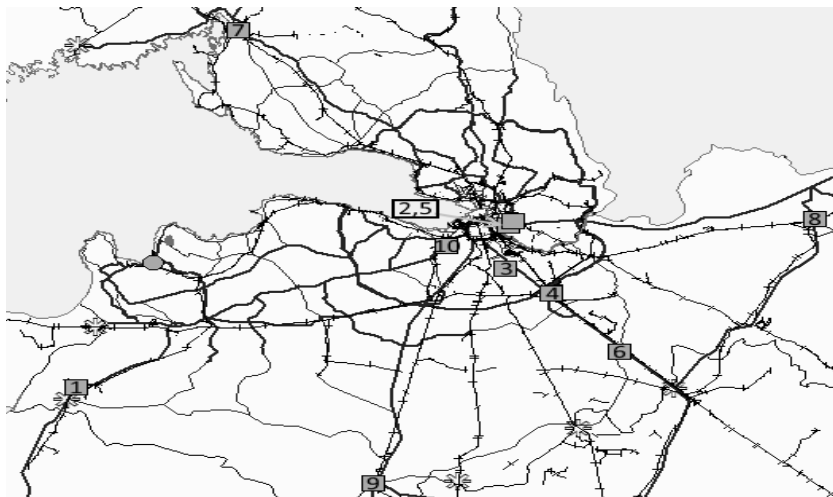


Рис. 9. Проект размещения сети терминалов УЛМП:

- 1 – индустриальная зона «Сланцы»;
- 2 – индустриальный парк «Уткина Заводь»;
- 3 – технопарк «Дони-Верево»;
- 4 – индустриальная зона «Тосно»;
- 5 – индустриальная зона «КОЛА»;
- 6 – промпарк «Рябово»;
- 7 – промышленная зона «Таммисуо»;
- 8 – промышленная зона «Волхвострой I»;
- 9 – технопарк «Коленцево»;
- 10 – индустриальный парк «Greenstate»

Переходя к обозначенному в начале статьи утверждению о том, мультипортовая мультимодальная модель должна стать сетевой основой транспортно-логистической системы (ТЛС) Ленинградского региона, отметим, что тренд развития ТЛК в мире направлен в сторону логистики уровня 5PL (см. рис. 12). Этот уровень логистики (реализуемый пока что в весьма малом числе полюсов деловой активности мира) должен осуществлять *стратегическое управление сетями поставок*.

5PL нацелены на крупные ТЛК, чьи цепи поставок представляют большую сложность в управлении, и стремятся превратить цепи поставок своих клиентов в ИТ-управляемые сети и системы связи между поставщиками и покупателями [1].



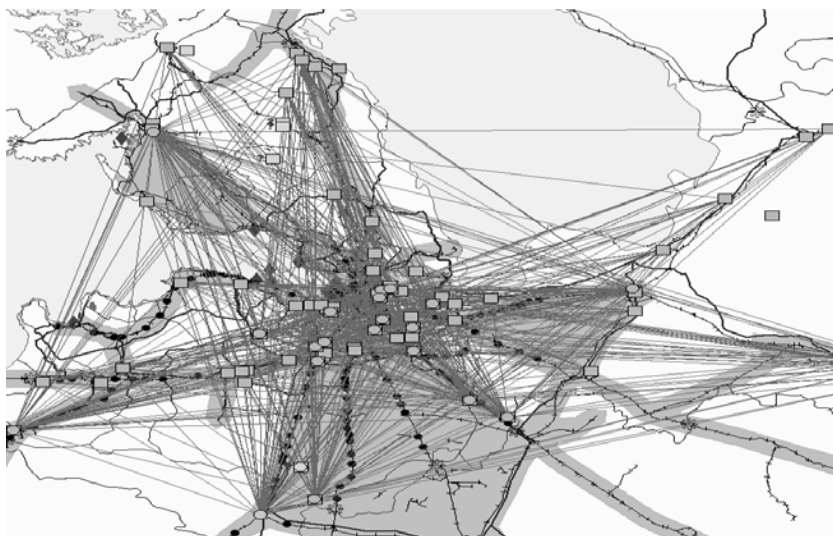


Рис. 10. Геопривязанная матрица корреспонденций ММПС ЛР

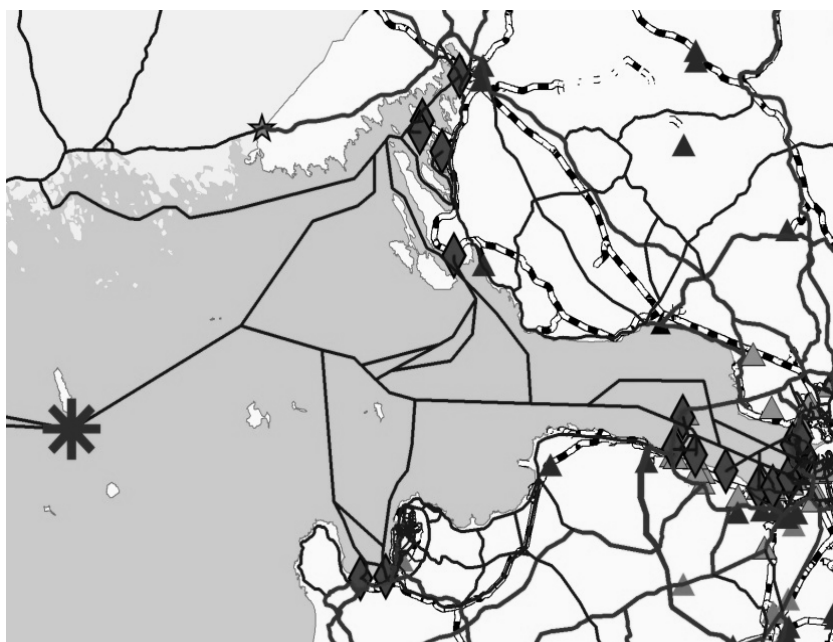


Рис. 11. Приведение совокупности морских путей портов ЛР к схеме Hub-and-Spoke



Рис. 12. Уровни интеграции бизнеса в логистике

Представленный концептуальный образ мультипортовой мультимодальной модели может явиться геопространственным базисом 5PL-логистики Ленинградского региона.

При этом ГИС-модель ArcGIS может стать интегрирующей основой для подключения других специальных моделей и программ логистической направленности, в силу высокой интероперабельности [6] ArcGIS.

### Литература

1. Rodrigue J. P. The geography of transport systems. Hofstra University / J. P. Rodrigue // Department of Global Studies & Geography. 2013. URL: <http://people.hofstra.edu/geotrans/> (дата обращения 30.10.2016).
2. Notteboom T. The relationship between seaports and intermodal hinterland in light of global supply chain / T. Notteboom // 2008 URL: [http://econpapers.repec.org/paper/oecitfaaa/2008\\_2f10-en.htm](http://econpapers.repec.org/paper/oecitfaaa/2008_2f10-en.htm) (дата обращения 30.10.2016).
3. Roso V., Woxenius J., Lumsden K. The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland Journal of Transport Geography Volume 17, Issue 5, September 2009, Pages 338–345/<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692308001245>.

4. Roso V. Dry port logistics 2015. <http://www.slideshare.net/MehmetInanir/dry-port-logistics-2015>.
5. Галин А.В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития. Вестник ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. Выпуск 2, сс. 87-97. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/suhie-porty-kak-chast-transportnoy-infrastruktury-napravleniya-razvitiya/> (дата обращения 30.10.2016).
6. ArcGIS for Desktop. URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/>. (дата обращения 30.10.2016).
7. Kotikov Ju. Geographic information system modelling of freight transport and logistics in Saint Petersburg, Russia. Civil Engineering, Vol. 168, Issue 5, pp 31-38, OI: 10.1680/cien.14.00026 at <http://dx.doi.org/10.1680/cien.14.00026> Published online 07/02/2015 at <http://www.icevirtuallibrary.com/content/serial/cien>.
8. Kotikov Ju., Kravchenko P. Optimizing transport-logistic cluster freight flows of a port megacity on the basis of GIS. Applied Mechanics and Materials (Innovative Technologies in Development of Construction Industry), Vols.725-726(2015), pp 1206-1211. Trans Tech Publications, Switzerland. DOI:10.4028/[www.scientific.net/AMM.725-726.1206](http://www.scientific.net/AMM.725-726.1206).
9. Kotikov, Ju and V. Lukinskij, World Applied Sciences Journal, 23 (Problems of Architecture and Construction), 2013, pp. 165-171. ISSN 1818-4952 © IDOSI Publications, 2013. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.23.pac.90033.

# ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

*В.В. Балясников д.т.н., профессор*

*Ю.В. Ведерников, д.т.н., профессор*

*Санкт-Петербургский государственный университет  
гражданской авиации (СПбГУГА)*

**Аннотация.** Рассматриваются аспекты эволюции системы обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации, возможность использования положений концепции управления безопасностью полетов, разработанной международной организацией гражданской авиации, при создании системы управления комплексной безопасностью на транспорте. Отмечаются ее ограниченные возможности, преодоление которых связывается с созданием системы безопасности нового вида, которая по своим возможностям и применяемым средствам относится к классу умных систем.

Проблемой управления безопасностью на транспорте занимались всегда. Менялся образ транспортной системы, менялись представления об управлении безопасностью. Это особенно показательно на примере гражданской авиации (ГА), в которой к настоящему времени начался третий этап развития системы обеспечения безопасности (рис. 1).



Рис. 1. Этапы развития системы управления безопасностью

Считается, что первый этап, завершившийся к началу семидесятых годов, характеризовался решением сугубо технических задач. Он отмечен значительными достижениями в повышении надежности технических элементов. Закономерным итогом первого этапа стало перераспределение внимания в пользу изучения человеческого фактора. Начало второго этапа (эра человеческого фактора) ознаменовалось созданием концепции предотвращения происшествий, которая оказалась революционной и прежде всего в отношении к ошибке человека. Этап продолжался до конца 90 годов. Он в полной мере раскрыл возможности и преимущества признания допустимости ошибки человека, что привело к ряду необходимых изменений в сфере производственных отношений. Там, где они произошли, возобладал процессный подход. Ответственность за неблагоприятные события (НС) была возложена на руководителя. В конце 90-х годов и особенно в настоящее время проявилась ограниченность возможностей концепции предотвращения авиационных происшествий (АП). Переложение ответственности на организационное звено не стало панацеей.

На смену концепции предотвращения АП пришла концепция управления безопасностью полетов (БП) [1, 2]. Возникло понимание того, что дальнейшие успехи в обеспечении безопасности невозможны без интеграции усилий со стороны всех участников этого процесса независимо от того, какие преграды (отраслевые, ведомственные или иные) их разделяют.

В настоящее время в ГА активно обсуждается концепция комплексного подхода развития транспортного производства, в том числе и в области обеспечения безопасности. Возникло понимание того, что дальнейшие успехи в обеспечении безопасности невозможны без интеграции усилий со стороны всех участников этого процесса независимо от того, какие преграды (отраслевые, ведомственные или иные) их разделяют. Представление о комплексности возникает, когда ставится задача объединения всех сторон (аспектов) обеспечения безопасности. Такую задачу можно поставить в отношении всех видов транспорта. В этом случае возможно рассмотрение одного или нескольких аспектов направлений обеспечения безопасности. Аналогичную задачу можно поставить в отношении одного вида транспорта, рассматривая все стороны обеспечения безопасности. В пределе целесообразно оба подхода объединить. Чем интересна такая точка зрения? Она позволяет экономить ресурсы на установление источника опасности. К

тому же предпосылки к осуществлению такого подхода есть. Общего между транспортными системами значительно больше, чем того, что их отличает. И это обстоятельство все более усиливается по мере повышения надежности технических элементов транспортных систем и по мере развития информационных технологий.

Есть еще одна сторона вопроса, которая представляет значительный интерес в связи с бурным развитием транспортной системы. Уже сегодня, а тем более в недалеком будущем подавляющее большинство людей дееспособного возраста применительно к транспортной системе оказываются в двух ипостасях: в качестве угрозы и в качестве жертвы. Часто жертвой человек оказывается в одной транспортной системе, в то время как в другой (других) системе он является угрозой. В связи с этим, возникает уникальная возможность попытаться установить между этими двумя явлениями связь. Принимая во внимание универсальность закона Ле Шателье, допустимо ожидать наличие такой связи. Если она существует, то наиболее вероятной жертвой становится источник опасности. Это равносильно тому, что человек, проявившийся в качестве опасного фактора, превращается в фактор риска по отношению к себе. В этом случае меняется образ профилактики возникновения опасности в транспортных системах.

В сложившейся практике понятие транспортной безопасности преимущественно трактуется как предупреждение терроризма на транспорте. Антитеррористический императив носит объективный характер. Вместе с тем, противодействие террористическим актам - лишь часть проблемы обеспечения транспортной безопасности. В целом транспортная безопасность призвана обеспечить безопасные условия выполнения перевозки, включая экономическую, экологическую, информационную, пожарную, санитарную, химическую, бактериологическую, ядерную и пр. безопасность. Чтобы это стало возможным, необходимо создание системы обеспечения комплексной безопасности на транспорте.

Специфика сегодняшнего дня состоит в приобретении достаточно большого опыта решения задач интеграции усилий в области обеспечения безопасности применительно к отдельным видам транспортной отрасли. В этом отношении гражданская авиация не является исключением. Более того у нее есть преимущество, поскольку она обладает возможностью использования консолидированного международного опыта в сфере обеспечения безопасности уже на протяжении многих лет. Представляется, что

опыт, который она приобрела, показателен и полезен при проектировании системы комплексной безопасности на транспорте.

Идея создания системы обеспечения безопасности полетов возникла с первых дней существования гражданской авиации. Ее первый образ отличался тем, что в фокусе внимания были технические отказы и неисправности. Основным документом, регламентирующим работу по обеспечению безопасности, были "Единые нормы годности", создаваемые отдельными государствами, которые со временем получали международное признание. Этот период, получивший название технической эры, характеризовался положительной динамикой роста безопасности. Однако его опыт был специфичен и не мог быть распространен для использования в других транспортных системах.

В конце шестидесятых годов прошлого столетия сложившаяся система обеспечения безопасности полетов основательно пошатнулась. Проявился феномен человеческого фактора. Более 40-50 % всех авиационных происшествий стали происходить из-за ошибок человека. Безупречность норм годности оказалась под сомнением. Попытка нормировать надежность человека провалилась. Реакцией на это стало внедрение нового подхода. Он получил название "Предотвращение авиационных происшествий". Фундаментальной основой концепции "предотвращения происшествий" было признание допустимости ошибки человека. В центре внимания оказался организационный фактор и превентивный подход в обеспечении безопасности. При этом вся ответственность за проявление опасности возлагалась на человека в образе руководителя (организатора). Концепция дала положительный импульс развитию системы обеспечения безопасности, но не стала всеобщей. Принятая в полном объеме на Западе, в России она существовала в сокращенном варианте. По этой причине концепция не могла стать основой для реализации комплексного подхода. Вместе с тем она позволила воплотить задачу построения единых баз данных, которые успешно функционировали как на Западе, так и в России.

В начале 2000 годов систему обеспечения безопасности ждал сюрприз в виде открытия феномена "практического сдвига" о невозможности точного исполнения любого организационного решения. Своим проявлением он разрушил причинную связь между ошибкой исполнителя и организацией процесса (рис.2). А потому ничего не остается, как звено исполнения (ЛФ) рассматривать в качестве первопричины, а звено организации (ОФ) -

в качестве непосредственной причины возникновения неблагоприятного события.

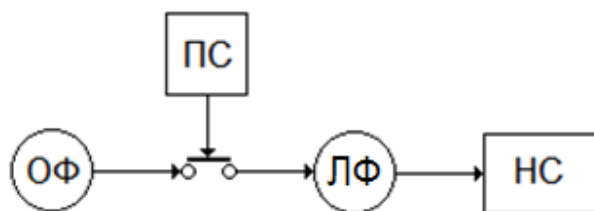


Рис. 2. Причинная цепочка возникновения неблагоприятного события: *НС – неблагоприятное событие; ПС – практический сдвиг; ЛФ – личностный фактор; ОФ – организационный фактор.*

Принимая во внимание фундаментальность явления практического сдвига, логично в природе его происхождения искать не менее фундаментальные обоснования. В этой связи допустимо предположение о существовании природной несовместимости организационного процесса с эксплуатационным процессом. Тому есть основания, поскольку в каждом из них участвуют разные стороны человека. Чаще всего ответственность за практический сдвиг возлагается на то, что техника работает не так, как предполагалось, или нормативные положения, запланированные схемы полета не соответствуют реальным эксплуатационным условиям и т.п. Поэтому делается вывод о необходимости создания и внедрения специальных средств получения информации, используемой для осуществления совмещения эксплуатационной и организационной сфер. Особое внимание предлагается уделить началу практического сдвига в расчете на своевременность выявления факторов опасности и факторов риска. Что в свою очередь послужит основанием для перепроектирования или внесения усовершенствований в систему.

В этой связи система обеспечения безопасности оказалась перед необходимостью разделения ответственности между организационным и исполнительным звеньями. Для решения этой задачи была привлечена модель управления рисками, которая составила основу новой концепции обеспечения безопасности, получившей название "Управление безопасностью полетов". Модель имеет ряд преимуществ, в том числе, что смогла соединить в себе все наработки предыдущих лет в развитии системы обеспечения безопасности.



Интеграционные возможности системы управления безопасностью:

1. Система управления безопасностью полетов (SMS).
2. Система управления авиационной безопасностью (SeMS).
3. Система управления (менеджмента) качества (QMS).
4. Система управления рисками предприятия (ERMS).
5. Система управления безопасностью окружающей среды (ESMS).
6. Система управления профессиональной безопасностью и охраной труда (OHSAS).

В настоящее время она находится в состоянии внедрения в России и осуществляется под эгидой ИКАО в соответствии с единым для всех стран мира "Руководством по управлению безопасностью полетов".

В целях предотвращения возможности проявления опасности по организационным причинам необходимо осуществлять контроль организационных процессов. Причем, контроль должен быть ориентирован как на выявление скрытых условий, так и на изучение условий труда на рабочем месте. В последнем случае контроль крайне необходим для предотвращения возникновения активных отказов. Принимая во внимание особое значение использования контроля организационных процессов, связанные с этим надежды возлагают на использование проактивного подхода. Проактивность – это предвидение событий, инициирование перемен, стремление "держать в своих руках судьбу организации". Самым распространенным примером проактивного подхода является мониторинг факторов риска, ориентированный на выявление новых возникающих проблем в сфере обеспечения безопасности полетов. Отсутствие проактивности (подчинение внешним условиям в большей мере, чем внутренним стремлениям) считается серьезным недостатком. Доказанным фактом является то, что больших успехов добиваются проактивные люди (организации). Способность упреждать события, предвидеть дальнейший ход их развития – отличительная особенность мира, в котором отсутствует пространственно-временная неопределенность. Не случайно человек, обладающий такой способностью или проактивностью, считается наиболее успешным. Проактивность – отличительная особенность людей (систем), способных преодолевать пространственно-временную неопределенность. Очевидно, что для преодоления практического сдвига необходимо располагать методом, позволяющим каждому человеку приобретать профессиональную проактив-

ность. Известно [3], что качества, лежащие в основе проактивности, необходимы при осуществлении человеком функции самоконтроля.

Несмотря на очевидное преимущество по отношению к предыдущим моделям концепция "управления безопасностью" оказалась также не лишённой недостатков. Они стали причиной того, что в России процесс внедрения концепции идет крайне медленно и не согласованно. Сказывается зависимость реализуемых возможностей концепции от уровня развития государственной сферы управления. Чтобы пояснить это, необходимо обратиться к работам Фрэнка Найта, касающихся риска, неопределенности и прибыли. Найт показал невозможность получения прибыли в детерминированной среде и нецелесообразность ее получения в той части неопределенности, которую он назвал неисчисляемой. Соответственно для развития системы необходимы условия исчисляемой неопределенности. Отсюда необходимость жесткого контроля и ограничений по отношению к допустимости уровня исчисляемой неопределенности. Другим недостатком концепции является ее неспособность влиять на неисчисляемую неопределенность, основным источником которой является человек.

Вместе с тем концепция управления безопасностью – это первый реальный образ системы обеспечения безопасности, совместимый с задачей осуществления комплексной безопасности. Предлагается взять ее за основу при условии использования в ней того лучшего, что ранее применялось в России и несправедливо забыто сегодня. В частности, это касается использования особых ситуаций в полете, принятых нормами летной годности, для оценки уровня безопасности.

С небольшими изменениями и уточнениями, позволяющими придать им общетранспортное значение, их можно рекомендовать в качестве приемлемой замены нежелательным состояниям [2]. Применительно к транспортной системе особая ситуация (рис.3.) определяется как состояние, возникающее при осуществлении транспортной перевозки в результате воздействия опасных факторов или их сочетаний и приводящее к снижению уровня безопасности. Предлагается использовать четыре вида особых ситуаций: усложнение условий (УУ); сложная ситуация (СС); аварийная ситуация (АС) и катастрофическая ситуация (КС). Для усложнения условий характерны состояния транспортной системы, представляющие собой незначительную опасность для жизни и здоровья людей.

Для недопущения дальнейшего развития УУ или ее нормализации человеку-оператору транспортного средства достаточно распознать ситуацию, повысить внимание и при необходимости изменить алгоритм деятельности.



Рис. 3. Управление рисками

Установленный план перевозки не нарушается. В случае сложной ситуации с целью недопущения ее развития требуется не только повысить внимание, но и изменить план перевозки. При этом система за эксплуатационные ограничения не должна выходить. В случае аварийной ситуации для исключения ее развития необходимо воспользоваться возможностью выхода транспортного средства за эксплуатационные ограничения. По отношению к приведенным видам особых ситуаций транспортная система обязана располагать средствами недопущения их развития и своевременно предоставлять их. Оказываясь в таких ситуациях, человек-оператор должен действовать в соответствии с предписанным регламентом. На катастрофическую ситуацию такое правило не распространяется. Катастрофическая ситуация – это еще один вид особых ситуаций. Она возникает, когда системный ресурс предотвращения дальнейшего развития опасности исчерпан. По этой причине катастрофическая ситуация является самой опасной. Тем не менее, ее негативный исход не является неизбежным. В катастрофической ситуации используется персональный ресурс человека-оператора, его умение решать задачи в условиях неопределенности.

Использование данных об особых ситуациях позволяет выявить опасные состояния в транспортной системе и то, как они меняются в процессе

осуществления перевозки. Благодаря этому может быть установлена подробная картина возникновения неблагоприятного события (инцидента или происшествия).

При этом особое место отводится представлению системы управления комплексной безопасностью в виде трехуровневой модели, включающей, государственное управление, коммерческое управление и управление ресурсами человека. Каждый из уровней ориентирован на решение задач управления в ситуациях, характеризующихся своей спецификой проявления неопределенности.

В рамках концепции управления безопасностью полетов наибольшие сложности возникают при осуществлении уровня управления ресурсами человека. Проблемой реализации концепции управления безопасностью полетов является непредсказуемость поведения человека. По мере осуществления третьего этапа приходит понимание того, что с синдромом непредсказуемости справиться можно, но не прежде, чем человек сумеет обеспечить полную совместимость с системой. Проводимые нами исследования свидетельствуют, что такая совместимость достигается при использовании соответствующего мотива деятельности.

Перенос акцента на мотив деятельности заставляет пересмотреть концепцию подготовки авиационного персонала в пользу забытой практики. В ней на первом месте должна стоять задача воспитания человека в соответствии с требованиями системной совместимости, что равносильно приобретению корпоративной культуры безопасности.

Другим направлением, следуя которому можно проследить возникновение и развитие опасности, исходящей от организационных процессов, является изучение условий на рабочем месте. Условия на рабочем месте могут представлять собой "угрозы", которые непосредственно влияют на возникновение и развитие опасности в гражданской авиации. К ним относятся: стабильность, квалификация и опыт персонала, моральное состояние, доверие к руководству и традиционные эргономические факторы. Как правило, условия на рабочем месте воспринимаются в виде данности, к которой необходимо привыкнуть. Вместе с тем, неоптимальные условия на рабочем месте порождают активные отказы со стороны эксплуатационного персонала. К активным отказам относят ошибки и нарушения. Различие между ошибками и нарушениями заключается в выборе мотивации. Лицо, которое, следуя принятым правилам и процедурам, старается наилучшим образом выполнить задачу, но не может этого сделать, совершает ошибку.

Лицо, которое при выполнении задачи намеренно не следует правилам, процедурам или принципам полученной подготовки, совершает нарушение. Намерение – то, что отличает нарушение от ошибки.

В целях их преодоления в настоящее время в Санкт-Петербургском Университете гражданской авиации ведется работа по дальнейшему развитию системы управления безопасностью в виде создания концепции "Умной безопасности" (рис.4.). Ее особенность состоит в том, что в отличие от предшествующих концепций она не ставит задачу устранения неопределенности или снижения ее опасности. В умной безопасности неопределенность перестает быть опасной. Теоретической основой для ее реализации являются исследования природы функциональной асимметрии человека, результаты которых предполагается использовать для создания и последующего применения в виде специальной культуры безопасности.



Рис. 4. Умная безопасность

Новый вариант обеспечения безопасности является умным потому, что в нем нет необходимости в использовании стороннего воздействия на человека. Требуемое состояние достигается непосредственно самим человеком. В "умной безопасности" риски сосредотачиваются в способности человека соответствовать целям и задачам системы. Умная безопасность –

это порядок, обладающий коллективным сознанием, способным превращать людей и результаты их деятельности в единый организм.

Совершенствование системы обеспечения безопасности невозможно без соответствующих изменений в образовании. В образе "Умного образования" оно должно научить человека управлению собой, используя системные ресурсы. В этой связи необходимо изменить существующие требования к профессиональному образованию. Соединение требований обладания сугубо профессиональных компетенций с новым образом ответственности в виде культуры безопасности определяет необходимость построения учебного процесса подготовки специалистов транспортной безопасности по модели, предполагающей наличие специального модуля в виде профессионального стандарта, освоение которого должно подтверждаться выдачей специального свидетельства.

С целью преодоления несовместимости методов квалитетрии опасности, используемых разными службами, ведомствами и странами предлагается, взяв за основу УБП, создать систему

С этой целью предпринята работа по созданию системы обеспечения безопасности нового типа, используя концепцию "Умной безопасности",

Наибольшие сложности возникают при осуществлении уровня управления ресурсами человека. В целях соответствия своему назначению управление факторами риска нуждается в расширении сферы влияния управленческого звена на состояния системы. Оно невозможно без участия в управлении ресурсами человека. Существующая концепция управления безопасностью полагается на использование установленных регламентом профессиональных качеств человека, что существенно обедняет ее возможности. Альтернатива состоит в расширении списка объектов управления, включив в него и звено управления. Необходимые для этого изменения оказываются настолько существенными, что они невольно подвигают изменение образа системы обеспечения безопасности в пользу SMART безопасности, в рамках которой целесообразно использовать концепцию контроля факторов угрозы и ошибок (КУО).

Это позволяет совместить процедуру нормирования безопасности с установлением допустимых рисков, а также с использованием превентивного подхода в целях недопущения проявления факторов риска. При этом риск рассматривается как исчисляемая неопределенность, возникающая в неспособности звеньев системы адекватно реагировать на команды управ-

ления. В факторах риска воплощена неопределенность, обусловленная несовместимостью звеньев системы. По отношению к ней возникает необходимость осуществления проактивных способов воздействия, принимающих образ управления факторами риска. Для его осуществления предлагается оценивать уровень опасности на основе использования четырех видов особых ситуаций. Каждому виду особых ситуаций соответствует регламентированный набор ресурсных возможностей системы по недопущению развития опасности.

Особенностью предлагаемой SMART безопасности состоит в том, что система управления комплексной безопасности представляется в виде трехуровневой модели, включающей, государственное управление, коммерческое управление и управление ресурсами человека. Каждый из уровней ориентирован на решение задач, характеризующихся своей спецификой проявления неопределенности. На государственном уровне решается задача нормирования уровня безопасности на основе используемых в нормах годности особых ситуаций (усложнение ситуаций, сложные

"Умная безопасность" (SMART SAFETY) способна добиться искомого результата не ценой уничтожения неопределенности, а исключив способность проявления ее в виде опасности. Превращение неопределенности из "врага" в "друга", из источника опасности в средство обеспечения многообразия – задача "умной безопасности". В ней все риски сосредотачиваются в индивидуальной способности человека справиться с собой. А потому в качестве показателя, характеризующего состояние опасности, риск не персонафицируется. Он становится мерой оценки уровня корпоративной (системной) безопасной культуры.

"Умная безопасность" утверждает приоритет порядка, в котором нет места для личностных пристрастий, а, значит, межличностных конфликтов или конфликтов между разными структурами. В отличие от системы управления, в которой насильственно реализуется приоритет избранного или кем-то установленного образа порядка, для "умной безопасности" все равны. Для "умной безопасности" представление о порядке становится культовым.

Совершенствование системы обеспечения безопасности невозможно без соответствующих изменений в образовании. В образе "Умного образования" оно должно научить человека управлению собой, используя системные ресурсы. В этой связи необходимо изменить существующие требо-

вания к профессиональному образованию. Отвечая задачам УБП, предлагается реанимировать положительный опыт предшествующего периода развития ГА. В частности, необходимо изменить существующие требования к профессиональному образованию. В этой связи должны быть пересмотрены образовательные стандарты, учебные планы, программы дисциплин. Необходимо вернуться к вопросу создания профессиональных стандартов.

### **Список литературы**

1. Дос 9859 ИКАО, Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) ISBN 978-92-9231-410-1 Издание второе, 2009.
2. Руководство по управлению безопасности полетов (РУБП). Дос 9859. AN/474. Издание третье. ИКАО. 2013.
3. Балясников В.В. Обеспечение безопасности в транспортных системах// Проблемы транспорта № 11, СПб.: МАКТ, 2004.



# ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗОК С УЧЁТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

*Е.Н. Зайцев д.т.н., профессор*

*Г.А. Крыжановский д.т.н., профессор*

*Е.В. Конилова к.т.н., доцент*

*И.А. Тецлав старший преподаватель*

*И.Г. Шайдуров старший преподаватель*

*Санкт-Петербургский государственный университет  
гражданской авиации (СПбГУГА)*

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы взаимодействия участников смешанных перевозок, включая авиационную транспортную систему. Раскрыты вопросы систематизации направлений взаимодействия аэропорта, авиакомпании и УВД при приеме и обслуживании рейса с использованием принципов системности, комплексности, декомпозиции, трехмерности с учетом комплексной безопасности.

Европейское экономическое сообщество строит свою концепцию развития транспорта на интермодальном подходе на базе 4PL-провайдера, суть которого не в прямой конкуренции, а во взаимодействии видов транспорта и управление всей цепочкой поставок. Основными направлениями развития транспорта Европы приняты [1]:

- объединение национальных транспортных сетей в единую европейскую структуру;
- совершенствование и развитие межвидовых (смешанных, интермодальных) перевозок;
- обеспечение высокого уровня безопасности работы транспорта;
- высокая профессиональная подготовка транспортных специалистов и их социальная защита.

Основные стратегические цели и задачи по развитию транспортной комплекса совершенствованию системы управления перевозками сформулированы в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [1]:

- интеграция в мировое транспортное пространство, реализация транзитного потенциала страны.
- повышение уровня безопасности транспортной системы.
- снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Для реализации поставленных целей определены следующие задачи:

- развитие смешанных (мультимодальных) пассажирских перевозок в региональном, межрегиональном и международном сообщении.
- развитие крупных транспортных узлов, логистических распределительных центров, обеспечение их единой технологической совместимости.
- создание единой системы и информационной среды технологического взаимодействия различных видов транспорта, грузовладельцев.
- создание интеллектуальных транспортных систем с использованием глобальной навигационной системы ГЛОНАСС, ГЛОНАСС/GPS и современных инфотелекоммуникационных технологий, обеспечивающих реализацию транспортно-логистических технологий, для повышения качества и безопасности перевозок, технологий управления транспортными средствами и потоками включая международные транспортные коридоры.

Практическая реализация данных целей и задач требует разработки и внедрения современных решений для автоматизации безопасного взаимодействия всех участников перевозочного процесса, применения систем навигации, систем электронного обмена, унифицированных перевозочных документов, технологий информационной интеграции со смежными информационными системами.

Эффективное управление логистическими процессами в транспортных системах в условиях формирующихся рыночных отношений и требований современных стратегических целей и задач необходимо развивать на следующих основных принципах: [2]

- системности, что означает структурирование и решение проблемы по вертикали и определяется вертикальными связями, связями подчинения в иерархической структуре, комплексности определяется координационными связями по горизонтали, связями сотрудничества, партнерства, используя такие свойства больших систем, как синергия и адаптивность; логистическая синергия как эффект взаимного усиления связей логистической системы, в отличие от разрозненных отраслевых;

- трёхмерности, что позволяет рассматривать системы, их процессы и средства производства во взаимосвязи и взаимодействии в трех направлениях: по вертикальной оси – взаимодействие средств производства при выполнении каждой отдельной операции в общем технологическом процессе, по продольной оси взаимодействие всех участников общего технологического процесса, по поперечной оси выполнение процесса подготовки средств производства каждого участника операции в общем технологическом процессе;

- мониторинга транспортной деятельности – наблюдения, оценки и прогнозирования развития ситуаций на рынках сырья, товаров, транспортных средств, состояния коммуникаций, безопасности движения и экологической обстановки, состояния транспортной деятельности за рубежом и прочее;

- непрерывной опережающей правовой, профессиональной, экономической, управленческой подготовки личного состава, например, в соответствии с требованиями интермодальных коридоров и ВТО.

Сегодня для участников смешанных перевозок характерна организационная, управленческая, финансовая, информационная, технологическая и иная разобщенность.

В большей степени участники смешанных перевозок заботятся о своих локальных интересах, приобретении преимуществ в конкурентной борьбе и редко обращают внимание на вопросы эффективности, результативности и безопасности смешанных перевозок во взаимодействии как целостного процесса.

### **Транспортно-логистическая система смешанных перевозок**

Следовательно, необходимо иметь комплексную систему управления участниками смешанных перевозок, своевременно реагирующую на изменения как внутренней, так и внешней среды при строгом выполнении требований по экологии и безопасности. Тем самым можно обеспечить единство, как внутренней логистики каждого участника перевозки, обеспечивающей своевременную подготовку средств производства (исполнительных элементов) основного технологического процесса, так и внешней логистики при их партнерском взаимодействии в составе транспортно-логистической системы смешанных перевозок (ТЛС СП) (рис. 1).

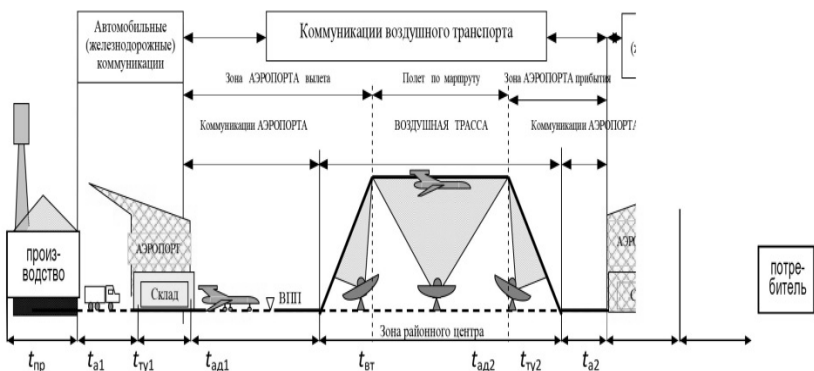


Рис. 1. Транспортно-логистическая система смешанных перевозок с участием авиационного транспорта (авиакомпания-лидера), автомобильного и/или железнодорожного транспорта:  $t_{пр}$  – время подготовки и погрузки товара у производителя;  $t_{а1}$  – время перевозки автомобильным транспортом;  $t_{ту1}$  – время транспортировки груза в транспортном узле (ТУ-1) и перегрузка на авиационный транспорт;  $t_{ад1}$  – время движения транспортного средства по аэродрому ТУ-1 (движение по перрону, по рулежной дорожке, по взлетно-посадочной полосе (ВПП));  $t_{вп}$  – время полета самолета по воздушной трассе;

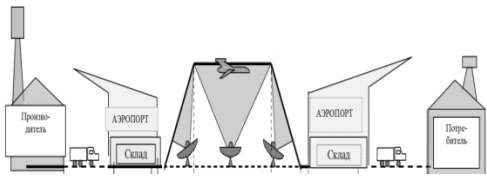
Комплексное взаимодействие различных видов транспортно-логистических систем и предприятий производителей продукции (отправителя) и получателя, позволяет обеспечивать высокий уровень обслуживания, минимизации транспортной составляющей цены перевозимых объектов и высокий уровень удовлетворения потребности в перевозках при обязательном выполнении требований по экологии и безопасности, это коллективная ответственность всех участников смешанной перевозки при их взаимодействии.

Рассмотрим матричную структуру транспортно-логистической системы смешанной перевозки (табл. 1), которая дает возможность рассматривать комплексно во взаимодействии участников по маршруту «Производитель – Потребитель».

Матричное управление это возможность упорядочить взаимодействие всех участников подготовки и выполнения перевозки на каждом этапе маршрута и всех элементов (средств производства) ТЛС СП, выполняющих конкретные операции на этапах маршрута и в процессе их подготовки к работе.

Таблица 1

Структура транспортно-логистического комплекса смешанной перевозки

Элементы ТЛС СП (средства производства)	Транспортно-логистический комплекс смешанной перевозки							
								
	Системы ТЛК, участвующие в смешанной перевозке							
	1. Произ-водитель	2. АвТЛС-1	3. Авиационная транспортно-логистическая система			4. АвТЛС-2	5. Получатель	
			3.1. АвТЛУ-1	3.2. Авиакомпания и Система УВД	3.3. АвТЛУ-2			
1	Груз, пассажиры	1.1.	2.1.	3.1.	4.1.	5.1.	6.1.	7.1.
2	Процессы в системах	1.2.	2.2.	3.2.	4.2.	5.2.	6.2.	7.2.
3	Персонал в системах	1.3.	2.3	3.3.	4.3.	5.3	6.3.	7.3.
4	Техника в системах	1.4.	2.4	3.4.	4.4.	5.4	6.4.	7.4.
5	Энергообеспечение в системах	1.5.	2.5.	3.5	4.5.	5.5	6.5.	7.5.
6	Коммуникации (рабочие зоны) в системах	1.6.	2.6	3.6	4.6.	5.6	6.6.	7.6.
7	Экология систем	1.7.	2.7	3.7.	4.7.	5.7	6.7.	7.7.
8	Безопасность систем	1.8.	2.8	3.8.	4.8.	5.8	6.8.	7.8.

Принимаем, что номер ячейки матрицы (табл.1) состоит из номера этапа системы и номера элементов (средства производства) системы, выполняющих технологические процессы соответствующего участника смешанных перевозок, например, ячейка 2.4 это автомобиль на маршруте «Производитель продукции – АвТЛУ-1». Выполнение функций каждым участником смешанной перевозки осуществляют следующие элементы

(средства производства) на каждом этапе основного технологического процесса системы:

1. Предмет (объект) обслуживания – пассажиры, почта, груз (ППГ).
2. Процесс (основной технологический процесс, его этапы и операции) обслуживания по маршруту движения ППГ.
3. Персонал, выполняющий свои функции в процессе обслуживания.
4. Техника, приборы, оборудование и т.д., как средства обеспечивающие выполнение операции основного и вспомогательного процессов обслуживания.
5. Энергообеспечение элементов при выполнении процесса обслуживания.
6. Коммуникации, здания, склады, рабочие зоны, рабочие места и т.д.
7. Экологическое обеспечение технологических процессов при подготовке их элементов к работе и при взаимодействии на всех этапах и операциях основного транспортно-логистического процесса смешанных перевозок.
8. Безопасность технологических процессов при подготовке их элементов к работе и при взаимодействии на всех этапах и операциях основного транспортно-логистического процесса смешанных перевозок.

Средства производства на каждом этапе транспортного производства имеют свойства опасности в соответствии с тем процессом и операцией, в которой выполняют свои функции: Если рассматривать процесс подготовки, ремонта средств производства, то необходимо учитывать требования производственной безопасности и охраны труда на всех этапах и операциях.

При исследовании сложных систем используют одновременно вертикальную и горизонтальную декомпозиции. Структурная горизонтальная декомпозиция ТЛС СП выполняется по принципу единства технологического процесса и рассмотреть этапы взаимодействия между всеми участниками транспортного процесса. Вертикальная декомпозиция, даёт возможность рассматривать участвующие системы, их подсистемы, модули и их элементы, а также влияние внутренних и внешних факторов с учётом уровня иерархии, определить и рассмотреть этапы взаимодействия между всеми участниками транспортного процесса.

Определяем следующие варианты вертикально-горизонтальной декомпозиции структуры ТЛК:

- *Транспортно-логистические системы*, участники перевозки объединены между собой, а также с производителем и покупателем единым

технологическим процессом по маршруту «Производитель продукции - Потребитель продукции» (рис. 1).

- *Подсистемы*, которые в каждой транспортно-логистической системе выполняют работы  $n$ -го этапа маршрута.

- *Модуль* представляет собой структуру взаимодействия элементов (средств производства: предметов труда и ресурсов) при выполнении  $k$ -ой операции подсистемы  $n$ -ого этапа и может быть рассмотрен в качестве структурной единицы.

**Транспортно-логистическая система смешанных перевозок** состоит из взаимодействующих отраслевых транспортно-логистических систем (табл. 1), выполняющих соответствующие этапы смешанных перевозок по маршруту «Производитель продукции – транспорт – Потребитель продукции»:

1. Система «Производитель продукции (Продавец)».
2. Автомобильная транспортно-логистическая система 1 (АТГЛС-1).
3. Авиационная транспортно-логистическая система (АВТЛС).
  - 3.1. Авиационный транспортно-логистический узел 1 (АТЛУ-1).
  - 3.2. Авиационная компания (АК) и Система УВД.
  - 3.3. Авиационный транспортно-логистический узел 2 (АТЛУ-2).
4. Автомобильная транспортно-логистическая система 2 (АТГЛС-2).
5. Система «Потребитель продукции (Заказчик, Покупатель)».

Время технологических процессов по подготовке грузов к перевозке у производителя (получателя), при транспортировке различными видами транспорта, в транспортно-логистических узлах зависят от влияния различных факторов на свойства элементов, средств производства (табл. 1): весогабаритных характеристик груза, пассажиров, почты (ППГ), уровня квалификации обслуживающего персонала, характеристик технических средств, которые определяют требования к коммуникациям и необходимым энергетическим ресурсам в условиях ограничений по экологическим нормам и правилам комплексной безопасности.

Проблемы комплексной безопасности определяется опасными свойствами элементов, модулей, подсистем, систем, надсистем при подготовке средств производства и выполнении единого транспортно-производственного процесса:

1. Свойства опасности состояния элементов.

2. Свойства опасности возникающие при функционировании элементов.
3. Свойства опасности возникающие при взаимодействии элементов между собой при выполнении операций.
4. Свойства опасности при взаимодействии элементов со средой при выполнении операций.
  - 4.1. Влияние свойств среды на свойства элементов.
  - 4.2. Влияние свойств элементов на свойства среды.
5. Свойства опасности при подготовке (ремонте) элементов к основной работе.

### **Комплексная безопасность транспортно-логистических систем смешанных перевозок.**

Рассмотрим направления обеспечения комплексной безопасности участников ТЛС смешанной перевозки при их взаимодействия.

#### *1. Система «Производитель продукции (Продавец)»*

Назначение системы: подготовка продукции к перевозке на автомобильном транспорте.

Цель системы: обеспечить свойства готовности товара к погрузке и перевозке с учетом требований комплексной безопасности.

Этапы подготовки товара (груза):

- упаковка и подготовка товара к погрузке у производителя;
- погрузка товара у производителя;
- крепление груза в автомобиле.

При подготовке груза к перевозке необходимо учесть транспортную характеристику грузов, которая определяет режим хранения, способ упаковки, условия погрузки, крепления, перевозки и перегрузки, физико-химические свойства груза, восприимчивость к атмосферным явлениям, влияние на окружающую среду, степень опасности и т.д.

Работа промышленного предприятия при подготовке выпускаемой продукции к перевозке выполняется в соответствии с требованиями производственной безопасности и охраны труда на всех этапах и операциях формирования грузового пакета или грузовой единицы, их погрузки и крепления на транспортном средстве с учетом состояния и развития опасных свойств груза, технологического процесса, персонала, техники, тары, контейнера, подъёмных устройств, энергообеспечения, рабочих зон, внутрен-



них коммуникаций в соответствии с требованиями экологии и безопасности выполняемых процессов.

## 2. *Автомобильная транспортно-логистическая система 1 (АтТЛС-1)*

Назначение системы: перевозка груза на автомобильном транспорте от продавца до АТЛУ-1.

Цель системы: обеспечить сохранность и безопасность груза в процессе перевозки и передачи его в АТЛУ-1, а также рациональное, экологичное и безопасное, с учетом состояния и развития опасных свойств груза, техники, персонала, коммуникаций и топлива.

Этапы перевозки груза:

- простой автомобиля при погрузке товара у производителя;
- транспортировка груза от производителя до АТЛУ-1;
- разгрузка (перегрузка) груза (на грузопассажирское воздушное судно) в АТЛУ-1.

Работа АтТЛС-1 при перевозке груза выполняется в соответствии с требованиями транспортной безопасности[3] на всех этапах и операциях выполнения автомобильной перевозки с учетом состояния и развития опасных свойств груза, персонала, техники, топливозаправочных технологий, коммуникаций в соответствии с требованиями экологии и безопасности выполняемых процессов.

## 3. *Авиационная транспортно-логистическая система (АвТЛС)*

Назначение АвТЛС: подготовка грузопассажирской перевозки пассажиров и грузов и выполнение полета по маршруту «Аэропорт-1 – Аэропорт-2» .

Цель системы: обеспечить авиационную безопасность при подготовке пассажиров и груза к полету, а также безопасность полета при его своевременном выполнении.

Основные системы *АвТЛС*:

- Авиационный транспортно-логистический узел-1;
- Система районного центра (РЦ) УВД;
- Авиационный транспортно-логистический узел-2.

### 3.1. *Авиационный транспортно-логистический узел 1 (АТЛУ-1)*

- Система «Аэропорт-1»;
- Система «Авиакомпания»;
- Система «УВД Аэропорта-1».

### *3.1.1. Система «Аэропорт-1».*

Назначение системы: техническая подготовка воздушного судна (ВС), коммерческая загрузка (пассажиры и груза) и заправка его ГСМ.

Цель системы: обеспечить своевременную и безопасную подготовку производства, формирование и выполнение рейсов при взаимодействии систем.

Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем «Аэропорт-1 – УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж)».

### *3.1.2. Система «Авиакомпания» (эксплуатант).*

Назначение системы «Авиакомпания»: выполнение воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и почты по маршруту.

Цель системы «Авиакомпания»: предоставление услуг по выполнению перевозок авиапассажиров, почты и грузов на воздушных судах имеющих свидетельства о регистрации, удостоверения о годности к полетам, сертификаты по шуму на местности, оснащены необходимым оборудованием, подготовленным экипажем, что гарантирует надежность, безопасность и эффективность полетов.

Комплексная безопасность полета обеспечивается при взаимодействии систем «Авиакомпания (ВС и экипаж) – УВД Аэропорта-1».

### *3.1.3. Система управления воздушным движением (УВД) Аэропорта-1*

Назначение системы УВД: предназначена для управления полетами авиации различных ведомств в зонах взлета и посадки аэродромов гражданской авиации.

Цель УВД аэропорта — обеспечение безопасности, регулярности и эффективности полётов в районе аэропорта, включая подход и посадку воздушных судов, их взлёт и выход из районов аэродромов на воздушные трассы.

Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем «Аэропорт-1 – УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж)».

### *3.2. Система районного центра (РЦ) УВД.*

Назначение системы РЦ УВД: система предназначена для управления полетами авиации различных ведомств на воздушных трассах и во вне-трассовом пространстве.

Цель РЦ системы УВД: исключить опасное сближение по горизонтали и вертикали, а также повысить экономичность при проведении воздушных судов через зону своей ответственности.

Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем

УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж) – РЦ УВД» в процессе полета по маршруту и УВД Аэропорта-2.

### *3.3. Авиационный транспортно-логистический узел 2 (АТЛУ2)*

- Система «Аэропорт 2»;
- Система «Авиакомпания»;
- Система «УВД Аэропорта 2».

#### *3.3.1. Система «Аэропорт 2».*

Назначение системы: подготовка аэропорта к приему и обслуживанию воздушного судна.

Цель системы: обеспечить своевременную и безопасную подготовку и прием воздушного судна в аэропорту, а также безопасное обслуживание воздушного судна, пассажиров и груз.

Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем «Аэропорт-2 – УВД Аэропорта-2 – Авиакомпания (ВС и экипаж)».

#### *3.3.2. Система «Авиакомпания» (эксплуатант).*

Назначение системы «Авиакомпания»: выполняет воздушные перевозки пассажиров, багажа, грузов и почты по утвержденному маршруту.

Цель системы «Авиакомпания»: подготовка и обеспечение безопасного взлета, полета и посадки ВС.

Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем «Аэропорт-1 – УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж) – РЦ УВД - УВД Аэропорта-2 - Аэропорт-2».

#### *3.3.2. Система управления воздушным движением Аэропорта-2*

Назначение системы УВД: система предназначена для управления завершением полета в зоне аэродрома посадки.

Цель УВД аэропорта — обеспечение безопасности, регулярности и эффективности полётов в районе аэропорта, включая подход и посадку воздушных судов.

### *4. Автомобильная транспортно-логистическая система 2 (АмТЛС-2)*

Назначение системы: прием и перевозка груза на автомобильном транспорте от АТЛУ-2 до потребителя продукции (заказчика).

Цель системы: обеспечить сохранность и безопасность груза при погрузке, перевозке и передаче заказчику, а также рациональное, экологич-

ное и безопасное использование автомобиля, коммуникаций, персонала и топлива.

Этапы перевозки груза:

- простой автомобиля при погрузке товара в АТЛУ-2;
- транспортировка груза от АТЛУ-2 до потребителя продукции;
- разгрузка груза у потребителя продукции.

Работа АТЛС-2 при перевозке груза выполняется в соответствии с требованиями транспортной безопасности [X] на всех этапах и операциях выполнения автомобильной перевозки с учетом состояния и развития опасных свойств исполнителей в соответствии с требованиями экологии и безопасности выполняемых процессов.

#### *5. Система «Потребитель продукции (Заказчик)»*

Назначение системы: приём и размещение продукции у *Заказчика*.

Цель системы: проверка свойств сохранности и обеспечение безопасности груза при разгрузке груза и размещении товара на складе.

Этапы работ:

- разгрузка груза у потребителя продукции;
- размещение товара на складе временного хранения (СВХ).

При работе с грузом необходимо учесть режим хранения, способ упаковки, условия разгрузки (перегрузки), физико-химические свойства груза, восприимчивость к свойствам среды, влияние на окружающую среду, степень опасности и т.д.

#### **Авиационный транспортно-логистический узел.**

Рассмотрим работу авиационного транспортно-логистического узла (3.1) при взаимодействии при взаимодействии систем «Аэропорт-1 – УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж)».

Интеграция логистической деятельности требует слияния внутрипроизводственных и внешних логистических цепочек в единый Авиационный транспортно-логистический узел (комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»).

В связи с этим, эффективность взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» зависит от свойств их элементов, обеспечивающих функционирование и развитие. Проблемы комплексной безопасности определяются опасными свойствами элементов, модулей, подсистем, систем,

надсистем при подготовке средств производства и выполнении единого транспортно-производственного процесса.

Рассмотрим работу авиационного транспортно-логистического узла при взаимодействии систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» (рис. 2) на этапах приема, обслуживания и отправки ВС, которая состоит из четырех основных фаз авиационного производства: «Прилет-А», «Прилет-Б», «Вылет-В» и «Вылет-Г».

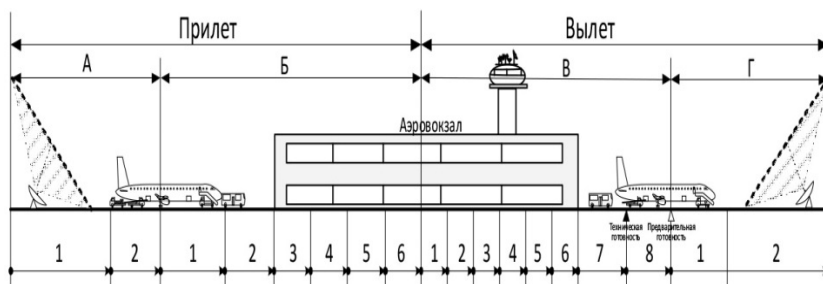


Рис. 2. Схема работы авиационного транспортно-логистического узла при приеме, обслуживании и отправки ВС:

Фаза «Прилет-А»: Движение ВС при приеме (посадке и рулении).

Фаза «Прилет-Б»: Обслуживание прилетающих пассажиров.

Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающих пассажиров.

Фаза «Вылет-Г»: Движение ВС по аэродрому при вылете.

Для рассмотрения системы, принимаем фазу «Вылет-В»: систему «Коммерческой подготовки ВС к рейсу», выполняемую по следующим этапам:

В1 – Прибытие вылетающих пассажиров в аэровокзал.

В2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) на входе в аэровокзал.

В3 – Регистрация пассажиров и оформление багажа.

В4 – Таможенный контроль и пограничный контроль.

В5 – Предполетный досмотр АБ.

В6 – Контроль явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка пассажиров к МС ВС.

В8 – Посадка пассажиров в ВС.

Определяем следующие варианты структуризации фазы «Вылет-В»:

- Система обеспечения коммерческой подготовки ВС к рейсу включает все технологические этапы обслуживания вылетающих пассажиров от двери аэровокзала до двери ВС (рис. 2) и взаимодействие их элементов.

- Подсистему определяет каждый  $n$ -ый этап рассматриваемой системы.
- Модуль представляет собой структуру взаимодействия элементов при выполнении  $k$ -ой операции подсистемы  $n$ -ого этапа и может быть рассмотрен в качестве структурной единицы.

Рассмотрим матричную модель системы коммерческой готовности ВС к рейсу с учётом взаимодействующих элементов по логистическому маршруту «от дверей аэровокзала до дверей ВС» (табл. 2).

Таблица 2

Матричная модель системы коммерческой подготовки рейса

Элементы системы «Аэропорт»		Этапы системы подготовки пассажиров к рейсу							
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
1	Пассажиры	1.1.	2.1.	3.1.	4.1.	5.1.	6.1.	7.1.	8.1.
2	Технологический процесс	1.2.	2.2.	3.2.	4.2.	5.2.	6.2.	7.2.	8.2.
3	Персонал	1.3.	2.3.	3.3.	4.3.	5.3.	6.3.	7.3.	8.3.
4	Техника	1.4.	2.4.	3.4.	4.4.	5.4.	6.4.	7.4.	8.4.
5	Энергообеспечение	1.5.	2.5.	3.5.	4.5.	5.5.	6.5.	7.5.	8.5.
6	Коммуникации	1.6.	2.6.	3.6.	4.6.	5.6.	6.6.	7.6.	8.6.
7	Экология	1.7.	2.7.	3.7.	4.7.	5.7.	6.7.	7.7.	8.7.
8	Безопасность	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8.	6.8.	7.8.	8.8.

Элемент 1. Обеспечить свойства готовности пассажиров посадки в ВС к рейсу в соответствии с требованиями документов..

Элемент 2. Процесс обслуживания пассажиров на всех этапах (операциях) в соответствии с графиком обслуживания рейса.

Элемент 3. Персонал, обслуживающий пассажиров и грузы на всех этапах(операциях).

Элемент 4. Вид, тип техники, оборудования, средств механизации на всех этапах.

Таблица 3

Матричная модель системы «Авиакомпания»

Элементы системы «Авиакомпания»		Этапы движения ВС		
		Г1	Г2	Г3
1	ВС, экипаж	1.1.	2.1.	3.1.
2	Этапы движения ВС	1.2.	2.2.	3.2.
3	Экипаж, бортпроводники	1.3.	2.3.	3.3.
4	Воздушное судно	1.4.	2.4.	3.4.
5	Энергообеспечение ВС и коммуникаций	1.5.	2.5.	3.5.
6	Коммуникации при движении ВС	1.6.	2.6.	3.6.
7	Экология при движении ВС	1.7.	2.7.	3.7.
8	Безопасность при движении ВС	1.8.	2.8.	3.8.

Таблица 4

Матричная модель системы «УВД»

Элементы системы «УВД»		Этапы сопровождения ВС		
		Г1	Г2	Г3
1	ВС, экипаж	1.1.	2.1.	3.1.
2	Этапы сопровождения ВС	1.2.	2.2.	3.2.
3	Диспетчеры УВД	1.3.	2.3.	3.3.
4	Радиотехническое оборудование	1.4.	2.4.	3.4.
5	Энергообеспечение этапов	1.5.	2.5.	3.5.
6	Коммуникации	1.6.	2.6.	3.6.
7	Экология	1.7.	2.7.	3.7.
8	Безопасность	1.8.	2.8.	3.8.

Элемент 5. Вид энергообеспечения на всех этапах при освещении рабочих мест персонала, коммуникаций аэровокзала, перрона, ВПП и прочее.

Элемент 6. Вид и состояние коммуникаций, рабочих мест, рабочих зон на всех этапах.

Элемент 7. Ресурсы и мероприятия, обеспечивающие экологическую безопасность взаимодействия всех элементов при обслуживании пассажиров на всех этапах (операциях).

Элемент 8. Ресурсы и мероприятия, обеспечивающие комплексную безопасность взаимодействия всех элементов при выполнении работ по обслуживанию пассажиров на всех этапах (операциях).

### **Общая характеристика и матричная модель системы «Авиакомпания»**

Для рассмотрения системы, принимаем фазу «Вылет-Г»: систему «Движение ВС по аэродрому при вылете», выполняемую по следующим этапам:

Г1 – Руление ВС от места стоянки к месту старта.

Г2 – Старт, разбег по ВПП и взлет ВС.

Г3 – Набор ВС высоты.

Рассмотрим матричную модель системы «Сопровождение движения ВС по аэродрому при вылете ВС» с учётом взаимодействующих элементов на каждом этапе.

Элемент 1. ВС и экипаж на всех этапах движения ВС.

Элемент 2. Процесс сопровождения ВС по аэродрому в соответствии с планом полётов.

Элемент 3. Диспетчеры системы УВД.

Элемент 4. Радиотехническое оборудование.

Элемент 5. Энергообеспечение этапов.

Элемент 6. Коммуникации движения ВС.

Элемент 7. Ресурсы и мероприятия, обеспечивающие экологическую безопасность взаимодействия всех элементов при передвижении ВС по коммуникациям.

Элемент 8. Ресурсы и мероприятия, обеспечивающие комплексную безопасность взаимодействия всех элементов при передвижении ВС по коммуникациям аэродрома.



В соответствии с принципами системности, комплексности, трехмерности представим комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» в виде трехмерной матрицы размера  $I \times N \times J$  (рис. 3):

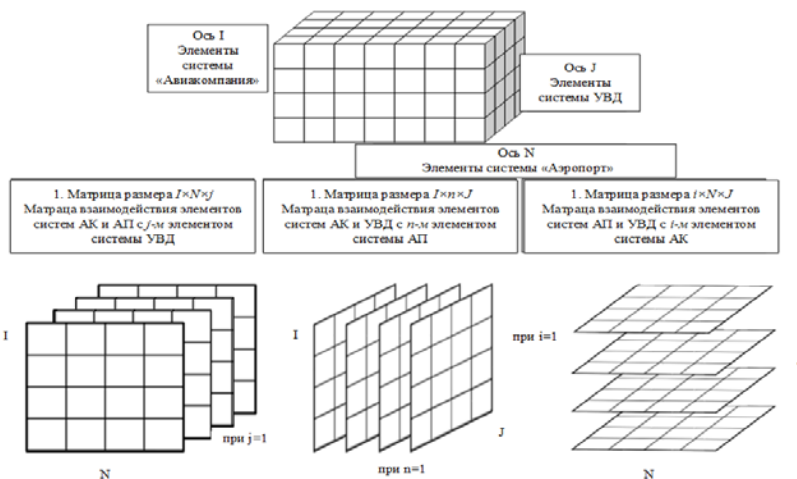


Рис. 3. Трехмерная структура комплекса взаимодействия систем «Авиакомпания-Аэропорт-УВД»

Ось I – Авиакомпания (АК). Матричная модель системы «Авиакомпания», характеризующая взаимодействие элементов (их свойств) на всех этапах: полной готовности, рулении ВС от места стоянки к месту старта; старт, разбег по ВПП и взлет.

Ось N – Аэропорт (АП). Матричная модель системы «Аэропорт», характеризующая взаимодействие элементов (их свойств) на всех этапах коммерческой подготовки ВС.

Ось J – Управление воздушным движением (УВД). Матричная модель системы «УВД», характеризующая взаимодействие элементов (их свойств) на всех этапах сопровождения ВС по аэродрому.

Рассмотрим формирования системы взаимодействия «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» при выполнении коммерческой готовности ВС, рулении от места стоянки к месту старта; старт, разбег по ВПП и взлет с учетом свойств их элементов (средств производства).

Рассмотрим формирования системы взаимодействия «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» при выполнении коммерческой готовности ВС, ру-

лении от места стоянки к месту старта; старт, разбег по ВПП и взлет с учетом свойств их элементов (средств производства).

1. **Матрица размера  $I \times N \times j$**  при  $i = \overline{1, I}$ ;  $n = \overline{1, N}$ ;  $j = I$ . Матрица оценки соответствия свойств элементов АК и АП при их взаимодействии с  $j$ -м элементом системы УВД

2. **Матрица размера  $I \times J \times n$**  при  $i = \overline{1, I}$ ;  $n = I$ ;  $j = \overline{1, J}$ . Матрица взаимодействия систем АК и УВД на  $n$ -ом этапе работы АП. Матрица позволяет выполнить оценку соответствия свойств элементов АК и УВД при их взаимодействии во время движения ВС по аэродрому

3. **Матрица размера  $N \times J \times I$**  при  $i = I$ ;  $n = \overline{1, N}$ ;  $j = \overline{1, J}$ . Матрица взаимодействия систем АП и УВД на  $i$ -ом этапе работы АК. Матрица позволяет выполнить оценку свойств УВД и АП при их взаимодействии во время движения ВС по аэродрому.

### **Система «Коммерческой готовности рейса».**

Декомпозиция системы «Коммерческой готовности рейса», включает в себя следующие варианты структуризации:

- Структуру системы «Коммерческой готовности рейса», которая включает все технологические этапы движения пассажиров от двери аэровокзала до двери ВС (рис. 4) и взаимодействие их элементов.

- Структуру подсистемы  $n$ -го этапа технологического процесса обслуживания пассажиров в системе «Коммерческой готовности рейса», которая состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов при выполнении  $k$ -ых операций в подсистеме.

- Структуру модуля  $k$ -ой операции  $n$ -го этапа, который состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и может быть рассмотрен в качестве структурной единицы.

В связи с этим, эффективность системы «Коммерческой готовности рейса» (рис. 4) при взаимодействии систем «Аэропорт» и «Авиакомпания» зависит от готовности свойств их элементов, обеспечивающих их функционирование и развитие.

В. Обслуживание вылетающих пассажиров.

V1 – Прибытие вылетающих пассажиров в аэровокзал.

V2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) на входе в аэровокзал.

V3 – Регистрация пассажиров и оформление багажа.

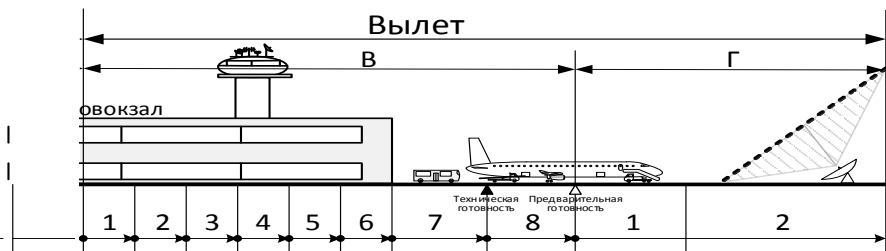


Рис. 4. Схема работы (фаза В) системы «Коммерческой готовности рейса» при вылете воздушного судна.

В4 – Таможенный контроль и пограничный контроль.

В5 – Предполетный досмотр АБ.

В6 – Контроль явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка пассажиров к МС ВС.

В8 – Посадка пассажиров в ВС.

На основе результатов рассмотрения требований к системе «Коммерческой готовности рейса» декомпозируем систему на подсистемы (этапы) и модули (операции) (табл. 5).

Таблица 5

Этапы системы подготовки пассажиров к рейсу

Элементы системы	Этапы системы «Коммерческой готовности рейса»							
1 Пассажиры, багаж	1.1.	2.1.	3.1.	4.1.	5.1.	6.1.	7.1.	8.1.
2 Технологический процесс	1.2.	2.2.	3.2.	4.2.	5.2.	6.2.	7.2.	8.2.
3 Персонал	1.3.	2.3.	3.3.	4.3.	5.3.	6.3.	7.3.	8.3.
4 Техника	1.4.	2.4.	3.4.	4.4.	5.4.	6.4.	7.4.	8.4.
5 Энергообеспечение	1.5.	2.5.	3.5.	4.5.	5.5.	6.5.	7.5.	8.5.
6 Коммуникации	1.6.	2.6.	3.6.	4.6.	5.6.	6.6.	7.6.	8.6.
7 Экология	1.7.	2.7.	3.7.	4.7.	5.7.	6.7.	7.7.	8.7.
8 Безопасность	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8.	6.8.	7.8.	8.8.

Этапы и операции подготовки пассажиров к рейсу:

1. Прибытие пассажиров в аэропорт
2. Досмотр службой АБ на входе в аэровокзал:
3. Прохождение пассажирами регистрации и оформление багажа:
4. Прохождение пассажирами таможенного и пограничного контроля:
5. Прохождение пассажирами предполетного досмотра АБ:
6. Прохождение контроля явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в ТС, доставляющего к МС ВС:
7. Доставка пассажиров к месту стоянки ВС:
  - 7.1 Контроль явившихся пассажиров.
  - 7.2. Посадка в автобус.
  - 7.3. Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС.
  - 7.4. Высадка из автобуса.
8. Посадка пассажиров в ВС:

Таблица 6

Матричная модель подсистемы  
«Доставка пассажиров к месту стоянки ВС»

Элементы подсистемы		Операции подсистемы (этапа 7)				Параметры
		7.1	7.2	7.3	7.4	
1	Пассажиры	7.1.1	7.2.1	7.3.1	7.4.1	$N_{\text{пасс}}$ , чел (груз, $m$ , $m$ )
2	Технологический процесс (пропускная способность этапов)	7.1.2	7.2.2	7.3.2	7.4.2	$t$ , сек, мин
3	Персонал обслуживания	7.1.3	7.2.3	7.3.3	7.4.3	$Q_n$ , чел
4	Автобус: пассажиро-местимость, количество автобусов, расход топлива	7.1.4	7.2.4	7.3.4	7.4.4	$Q_{\text{мх}}$ , ед $R_m$ , л/100км $N_{\text{об}}$
5	Энергообеспечение этапа (автобуса, перрона)	7.1.5	7.2.5	7.3.5	7.4.5	$Q_{\text{эл}}$ , л, $m$ , кВт и $m$ .д.
6	Коммуникации	7.1.6	7.2.6	7.3.6	7.4.6	$L$ , м, км
7	Экология	7.1.7	7.2.7	7.3.7	7.4.7	Евро-3
8	Безопасность	7.1.8	7.2.8	7.3.8	7.4.8	

В результате декомпозиции системы «Коммерческой готовности рейса» на этапы выделяем этап 7 «Доставка пассажиров до места стоянки ВС» и рассматриваем основные операции этапа:

Этап 7. Доставка пассажиров к месту стоянки ВС:

Операции этапа 7.

7.1. Контроль явившихся пассажиров.

7.2. Посадка в автобус.

7.3. *Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС.*

7.4. Высадка из автобуса.

### **Модуль 7.3 «Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС»**

Основные свойства элементов модуля 7.3:

7.3.1. Основные свойства пассажиров (объекта обслуживания):

$N_{\text{пасс}}$  – количество пассажиров;

$G_{\text{пасс}}$  – масса одного пассажира;

$VZ$  – возраст пассажиров;

$ZD$  – состояние здоровья (способность самостоятельно передвигаться, возраст);

$TP$  – класс, тип пассажира (транзитный или трансферный) и другие.

7.3.2. Основные свойства операции доставки пассажиров (процесс):

$t_{\text{тр}}$  – время транспортировки пассажиров по перрону до места стоянки ВС;

$k_v$  – коэффициент использования времени.

7.3.3. Основные свойства персонала при выполнении операции:

$N_{\text{перс}}$  – количество персонала (водителей);

$U_{\text{перс. проф.}}$  – уровень профессиональной подготовки персонала при выполнении операции;

$U_{\text{перс.зд.}}$  – необходимый уровень здоровья персонала и другие.

7.3.4. Основные свойства автобуса при выполнении операции:

$m_{\text{пуст. автоб.}}$  – масса пустого автобуса (без пассажиров, топлива и водителя);

$N_{\text{пв}}$  – пассажироместимость;

$q_{\text{автоб.}}$  – производительность автобуса;

$U_{\text{безопасн.}}$  – удельный расход топлива;

$U_{\text{техн.эколог.}}$  – необходимый уровень обеспечения безопасности при движении автобуса;

$R_{\text{автоб.}}$  – необходимый уровень экологии при движении автобуса и другие.

7.3.5. Основные свойства энергообеспечения при выполнении операции:

$m_{\text{топл.}}$  – масса топлива в баке автобуса при выполнении рейса;

$\mathcal{E}_{\text{эл.}}$  – электросветотехническое обеспечение перрона.

7.3.6. Основные свойства коммуникаций в процессе транспортировки пассажиров по перрону (коммуникации):

$L_{\text{п}}$  – длина маршрута по перрону до места стоянки ВС;

$U_{\text{инф.}}$  – уровень информативности дорожных знаков;

$U_{\text{освещ.}}$  – осветительные установки и другие.

7.3.7. Основные свойства мероприятий по экологической безопасности всех элементов при выполнении операции:

$E_{\text{пасс.}}$  – необходимый уровень экологической безопасности пассажиров;

$E_{\text{автоб.}}$  – необходимый уровень экологической безопасной эксплуатации автобуса (уровень выбросов CO<sub>2</sub>);

$E_{\text{комм.}}$  – необходимый уровень экологической безопасной подготовки и эксплуатации коммуникаций (уборка перрона от снега, грязи и пр.) и другие.

7.3.8. Основные свойства мероприятий по безопасности всех элементов при выполнении операции:

$W_{\text{пасс.}}$  – необходимый уровень безопасности пассажиров;

$W_{\text{автоб.}}$  – необходимый уровень безопасности эксплуатации автобуса;

$W_{\text{комм.}}$  – необходимый уровень безопасности подготовки и эксплуатации коммуникаций (уборка перрона от снега, грязи и пр.) и другие.

Дальнейшее рассмотрение связано с исследованием систем, подсистем этапов и модулей операций с учётом возмущающих факторов на всех этапах и операциях:

1. Построение матричной модели системы и декомпозиция ее до модуля операции и выполняющих ее элементов. Определение факторов, влияющих на состояние каждого элемента модуля и выполняемую операцию.

2. Экспертная оценка возможного отклонения выбранной величины параметров каждого элемента и влияние их на величину задержки времени операции.

3. Определение величины потерь объемных показателей элементов необходимых для выполнения операции с учётом факторов по каждому элементу.

4. Определение величины финансовых затрат на выполнение операции с учетом дополнительных затрат.

5. Оценка эффективности работы операции (модуля).

## **Выводы.**

В результате рассмотрения декомпозиции структуры транспортно-логистической системы смешанных перевозок до уровня авиационного отраслевого транспортно-логистического узла, как комплекса взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД», сформулированы основные характеристики и матричные модели каждой системы. Использование принципа трёхмерности позволяет рассмотреть трёхмерную матрицу взаимодействия свойств элементов систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД». Предложен методологический подход к формированию транспортно-логистической системы смешанной перевозки с учетом свойств элементов (средств производства), обеспечивающих своевременное, эффективное и безопасное ее выполнение и обоснование мер по обеспечению комплексной безопасности. Проблемы комплексной безопасности рассмотрены с позиции опасности свойств элементов, модулей, подсистем, систем, надсистем при подготовке средств производства и выполнении единого транспортно-производственного процесса при взаимодействии всех участников ТЛС СП.

## **Список литературы**

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р)
2. Зайцев Е.Н. Синтез комплексной системы управления смешанными перевозками.– СПб.: Университет ГА, 2007. – 212 с. Федеральный закон «О транспортной безопасности», №16-ФЗ от 09.02.2007 г.
3. Крыжановский Г.А. Введение в прикладную теорию управления воздушным движением. Учебник для ВУЗов гражданской авиации. – М.: Машиностроение. 1984. – 368 с.
4. Руководство по управлению безопасностью полётов (РУБП)» (Документ ИКАО Doc 9859 AN/474 Издание третье – 2013
5. Федеральный закон "О безопасности дорожного движения" от 10.12.1995 N 196-ФЗ (действующая редакция, 2016).

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ ПРИ ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ

*Б.А. Кармалеев к.т.н., доцент, доктор транспорта, заслуженный пилот  
РФ, почетный академик ОО «РАТ»  
Санкт-Петербургский государственный университет  
гражданской авиации (СПб ГУГА)*

**Аннотация.** Статья представляет аргументированное изложение подходов при реализации принципов ИКАО в системе управления безопасностью полетов с учетом особенностей функционирования гражданской авиации России при летной эксплуатации воздушных судов отечественного, зарубежного производства и вертолетов.

## **Введение.**

Непрерывное совершенствование руководств по управлению безопасностью полетов ИКАО DOC 9859 AN/460, 2006 г., DOC 9859 AN/474, 2009г., Приложение № 19 к Конвенции о международной гражданской авиации 2013г., DOC 9859 AN/474 – издание третье 2013г. позволяет проследить методологическую динамику развития системы управления безопасностью полетов (СУБП) ИКАО.

Анализ материалов международного семинара «Эффективность внедрения системы управления безопасностью полетов в гражданской авиации России», проведенного в Санкт-Петербурге в 2008 году, с участием специалистов ИКАО, Министра транспорта РФ, руководителя департамента ФС ГА, ректора Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации (СПб ГУГА), авиационных специалистов и руководителей подразделений ГА РФ позволили сделать вывод: период летной эксплуатации воздушных судов отечественного и зарубежного производства (1995г. по 2007г.) характеризуется отрицательной тенденцией безопасности полетов.



Основные выводы международного семинара отображены в его решении:

- о целесообразности разработки СУБП в ГА России на принципах, декларируемых ИКАО с учетом особенностей работы летных служб гражданской авиации;

- по исполнению положений Приложений 6,11 и 14 ИКАО в части требований к эксплуатантам внедрения СУБП, одобренных государством;

- о нецелесообразности использования РУБП ИКАО DOC 9859 AN/460, 2006 г. при разработке РУБП в ГА России, ввиду его несовершенства.

**Разработка** и совершенствование методологии, методик, технологий системы управления безопасностью полетов (СУБП) в ГА России проводится в Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации (СПб ГУГА) на базе общественной научно-методической лаборатории по проблемам CFIT, CFIT/ALA, теории и практике управления рисками (НМЛ СПб ГУГА), под руководством главного специалиста СПб ГУГА по научной летно-методической работе, руководителя сектора транспортной авиации Кармалева Б.А., заслуженного пилота РФ, к.т.н., доцента, доктора транспорта РАТ.

При разработке координационного плана проведения работ использованы:

- требования ИКАО, Приложения 6,11,14, требующих от всех эксплуатантов, организаций по техническому обслуживанию, поставщиков ОрВД и сертифицированных эксплуатантов аэродромов внедрения систем СУБП, одобренных государством;

- рекомендации ИКАО при системном подходе, включающих: производство полетов воздушных судов, обслуживание воздушного движения, эксплуатация аэродромов, техническое обслуживание воздушных судов;

- глобальный план обеспечения безопасности полетов 2014-2016г. и до 2027г.;

- положения Государственной программы обеспечения безопасности полетов гражданской авиации, утв. Правительством РФ от 06.05.2008г. № 641-р.;

- распоряжение руководителя Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) от 25.11.2009г. № ГК1.2-2979 по внедрению СУБП в ГА России;

- правила разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 18.11.2014г. № 1215;

- государственный стандарт Российской Федерации (аспекты безопасности).

**Проведенный анализ работы внедряемой СУБП в ГА России позволил сделать вывод о целесообразности её совершенствования в областях:**

- **идеологии управления безопасностью полетов:**

- факторной идеологии управления безопасностью полетов;
- трансформации факторов опасности летной работы в генерирующие факторы авиационного (летного) события;

- **терминологические уточнения, используемые в СУБП авиакомпании:**

- «безопасность полетов», риск факторов опасности летной работы;
- «государственная система управления безопасностью полетов»;
- «риск» летной работы;
- «фактор опасности» летной работы.

- **методы, используемые в СУБП с целью повышения эффективности работы:**

- выделение генерирующего фактора авиационного (летного) события или нарушения безопасности полетов (отклонение от корпоративного стандарта);

- реализация главного принципа системного подхода при управлении безопасностью полетов;

- систематизации характеристических рисков летной работы (риски безопасности полетов);

- формирование рисков управляющей структурой летной службы;

- использование метода отображения «слоев» структуры управления летной службой, формирующих факторы опасности в управленческой деятельности;

- оценочная структура рисков факторов опасности летной работы;

- оценка риска факторов опасности (генерирующих факторов) при работе летного экипажа воздушного судна;

- оценка факторов опасности (генерирующих факторов) при работе управляющей структуры летной службы авиакомпании;
- целевое реагирование на выявленные уровни рисков летной работы;
- оценка уровня ответственности за нарушение корпоративного стандарта безопасности полетов авиакомпании по типу воздушного судна;
- организация методического сопровождения СУБП во взаимосвязи с задачами, решаемыми системой управления безопасностью полетов авиакомпании;
- прогнозирование показателей безопасности и опасности полетов на ожидаемый период (год) по типу воздушного судна авиакомпании;
- оценка эффективности работы СУБП авиакомпании;
- оценка эффективности работы СУБП по типам воздушных судов авиакомпании;
- **принятия единых:**
  - показателей безопасности полетов авиакомпании;
  - показателей опасности полетов авиакомпании по типам воздушных судов.
- **стандарты СУБП летной работы авиакомпании:**
  - стандарт безопасности полетов авиакомпании (рис.1);

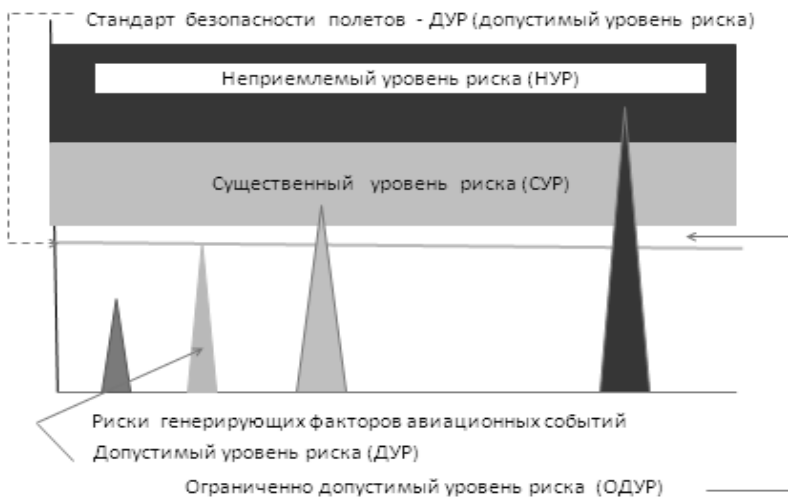


Рис.1. Графическое отображение уровней рисков летной работы относительно корпоративного стандарта безопасности полетов



РАННИЙ ПОДЪЕМ НОВОГО КОЛЕСА

#### СТАНДАРТ РЕАГИРОВАНИЯ

Тема методической части летного разбора.  
 Выполнение посадки ВС В737-500 при предельной боковой составляющей ветра при приземлении  
 Регламентация (РЛЭ ВС В737-500).  
 Аэродинамические особенности самолета.  
 Принятие решения на посадку.  
 Обстоятельства, причины и мероприятия по результатам расследований авиационных событий обусловленных пролянием генерирующего фактора "ранний подъем нового колеса". Взаимодействие экипажа при выполнении посадки с боковым ветром.  
 Рекомендации летным экипажам ВС В737-500.  
 Методическое обеспечение летного разбора

- \* РЛЭ самолета В 737-500
- \* Flight Operations and Line Assistance (AIRBUS) : - Оригинальная версия – Airbus –Издание 1 – Октября 2000.
- \* Глава 8. Техника выполнения посадки – 8.2.Скорость конечного захода на посадку – The Final Approach Speed (злияние ветра).
- 8.7.Посадка с боковым ветром – Crosswind Landings.
- \* ALAR Tool Kit. 8.7 посадка при боковом ветре.

- стандарт опасности при летной эксплуатации типа воздушного судна;
- стандарт активного реагирования при планировании работы по снижению рисков летной работы;
- стандарт методического сопровождения СУБП авиакомпаний.
- **автоматизация процессов планирования СУБП по типам ВС авиакомпании:**
  - ежемесячное факторное планирование работы по снижению рисков факторов опасности летной работы;
  - предъявления авиационного события (летного) в факторном отбражении.

#### Идеология факторного управления безопасностью полетов.

Факторная идеология управления безопасностью полетов.

СУБП относится к непрерывно действующей системе и организация работы только на идеологии снижения рисков авиационных событий бесперспективна ввиду того что она не отображает работу при отсутствия событий.

Работа СУБП при наличии авиационных (летных) происшествий с большими материальными потерями («К» и «АПБЧЖ») должна быть ориентирована на снижение риска авиационных (летных) событий с существенным или неприемлемым уровнями рисков или по снижению риска генерирующих факторов эти события.

Работа СУБП без наличия авиационных (летных) происшествий, предполагает организацию работы по снижению риска факторов опасности в области:

- инцидентов или серьезных инцидентов (И, СИ) – нарушение корпоративного стандарта безопасности полетов;
- инцидентов или серьезных инцидентов (И, СИ) характеризующихся зафиксированными нарушениями процессных, процедурных и параметрических рисков летной работы вне области корпоративного стандарта безопасности авиакомпании.

Постановление Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2014г. № 1215 «О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими» устанавливает единые государственные требования к разработке и применению СУБП в гражданской авиации России:

1. Порядок разработки и применения СУБП.

2. Формулирование терминов: «государственная система управления безопасностью полетов», «риск», «система управления безопасностью полетов поставщиков услуг», «риск», «фактор опасности».

При этом поставщик услуг формирует СУБП с учетом решаемых задач посредством разработки и утверждения документов, определяющих:

- обязанности должностных лиц поставщиков услуг по организации и обеспечению функционирования СУБП поставщика услуг;
- перечень сведений в области безопасности полетов, порядок их учета и хранения;
- источники данных для получения сведений в области безопасности полетов;
- порядок выявления факторов опасности;
- порядок сбора данных о факторах опасности;
- порядок анализа данных о факторах опасности и проведения оценки риска;
- порядок разработки мероприятий по снижению риска;
- порядок обеспечения организационными и финансовыми ресурсами мероприятий по снижению риска;

- порядок оценки эффективности реализованных мероприятий по снижению риска.

**При этом, поставщик услуг безопасности полетов:**

- осуществляет сбор и обработку данных о факторах опасности.

В НМЛ СПб ГУГА проведена разработка:

- практического метода факторизации авиационного события или нарушения безопасности полетов;
- метода предъявления информации в факторном отображении для использования в СУБП авиакомпании;
- проведения анализ выявленных факторов опасности и оценку их риска относимого к значению корпоративного стандарта безопасности полетов по типу воздушного судна;
- оценки показателей опасности летной работы;
- метода применения стандарта активного реагирования при планировании работы по снижению риска генерирующих факторов авиационные события.
- метода расчета эффективности функционирования СУБП летной работы с программным обеспечением сервисных программ ЭВМ;
- метода прогнозирования показателей безопасности и опасности полетов летной работы (точечный и интервальный прогноз);
- корректировки работы СУБП авиакомпании;
- идеология трансформация факторов опасности летной работы в генерирующий фактор авиационного (летного) события с существенным и/или неприемлемым уровнем риска при влиянии отрицательных проявлений человеческого фактора (психофизиологических факторов опасности летной работы);

**Трансформация фактора опасности летной работы в генерирующий фактор авиационное (летное) событие.**

Основным свойством авиационной системы является генерация неблагоприятных факторов опасности в процессе авиационной (летной) деятельности. Наличие большого количества факторов опасности создает предпосылку принятия решений в системе неопределенности. В Екатеринбурге (20-22 марта 2008 г., докладчик Кармалеев Б.А., СПб ГУГА), на международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора» была представлена модель

трансформации факторов опасности летной работы в генерирующие факторы событий с существенным или неприемлемым уровнями риска при влиянии отрицательных проявлений человеческого фактора (психофизиологические факторы опасности), рис. 2.

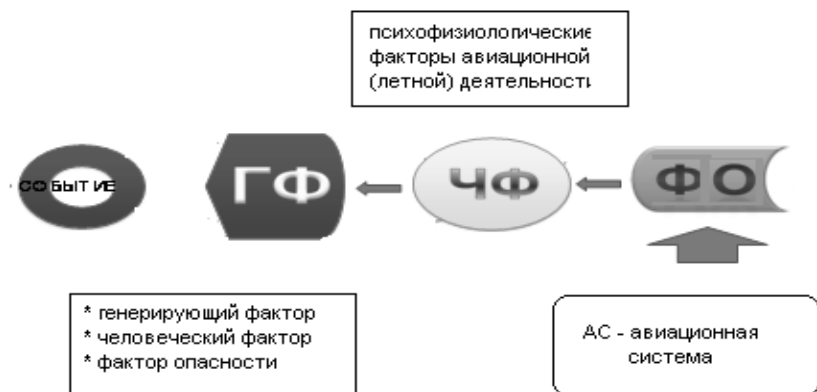


Рис. 2. Модель трансформации факторов опасности в генерирующий фактор авиационное событие

Использование представленной модели в СУБП авиакомпании позволяет реализовать работу по снижению рисков факторов опасности в двух режимах:

1. Работа по снижению риска авиационного события или его генерирующего фактора (рис.2):
  - генерирующих факторов авиационных (летных) событий;
  - отрицательных проявлений человеческого фактора (модель Shell).
2. Работа по снижению риска возникновения авиационного события при высокой эффективности работы СУБП (отсутствие авиационных (летных) событий с существенным или неприемлемым уровнем риска (рис.3):
  - факторов опасности (возможные проявления);
  - отрицательных проявлений человеческого фактора (модель Shell).

При реализации модели используется перечень психофизиологических факторов опасности авиационной (летной) деятельности, отображающих человеческий фактор в летной работе с использованием Руководства по информационному обеспечению автоматизированной системы обеспечения БП ВС ГА России. Москва.2002 г. или банка данных факторов опасности авиакомпании по типам воздушных судов.



Рис. 3. Этапы работы по снижению риска авиационного (летного) производства (факторное планирование): АС – авиационное событие с существенным или неприемлемым уровнем риска

### Терминологические уточнения, используемые в СУБП авиакомпании.

РУБП ИКАО 2006г., DOC 9859 AN/460, DOC 9859 AN/474,2009г., DOC 9859 AN/474 ориентируют СУБП на организацию процессов по управлению факторами риска авиационного производства. В идеологическом плане это бессмысленная и бесперспективная трактовка. В процессе разработки рабочих программ подготовки авиационных специалистов по проблемным вопросам внедрения СУБП в авиакомпании гражданской авиации, при летной эксплуатации ВС отечественного, зарубежного производства и вертолетов применен термин «управление риском факторов опасности или генерирующего фактора авиационное событие». При этом приемлемо утверждение что факторов риска в природе не существует. Существуют факторы опасности обладающие риском нарушения безопасности полетов. Этот риск снижают до корпоративного уровня безопасности полетов тапа воздушного судна авиакомпании. Реальность настоящего утверждения основана на общей концепции ИКАО – полетов без рисков не существует, следовательно факторы могут существовать характеризуемые допустимым риском летной работы. Оценка риска летной работы конкретного типа ВС немислима без установления корпоративного стандарта безопасности полетов. С целью решения вопросов повышения эффективности функционирования СУБП в НМЛ СПб ГУГА (автор Кармалеев Б.А.), в 2004 году была отработана формулировка безопасности полетов с учетом стандарта безопасности полетов: **«безопасность полетов – состояние авиационного производства в приемлемых границах риска, обу-**



**словленного стандартом безопасности при решении производственной задачи».** Это формулирование предполагает проведение работы по снижению риска авиационных событий (летных) и/или генерирующих факторов формирующих авиационное событие при действии уровневого ограничения – корпоративный стандарт безопасности полетов. Допустимость риска определяется **принятым корпоративным стандартом безопасности** авиакомпании.

ИКАО в Приложении № 19 к Конвенции о международной гражданской авиации 2013г. изменило традиционное формулирование РУБП 2006, 2009, 2013г., приблизившись к формулированию безопасности полетов, разработанным в НМЛ СПб ГУГА (2004г.), но не отобразило обязательность установления ориентирующей ограничительной «планки», которым является «корпоративный стандарт безопасности полетов».

Сравнительное формулирование термина «безопасность полетов»:

Безопасность полетов – *Безопасность полетов* – состояние функционирования авиационного состояние, при котором риски, связанные производства в приемлемых границах риска, с авиационной деятельностью, относящиеся обусловленного стандартом безопасности к эксплуатации воздушных судов или полетов при решении производственной непосредственно обеспечивающей такую задачи. эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются.



Рис. 4. Терминологические особенности Безопасности полетов

### **Методы, используемые в СУБП с целью повышения эффективности её работы:**

Выделение генерирующего фактора авиационного (летного) события или нарушения безопасности полетов. Генерирующий фактор возникает в результате трансформации фактора опасности под воздействием отрицательных проявлений человеческого фактора.

Реализация главного принципа системного подхода при управлении безопасностью полетов. Декларируемый принцип реализуем в системе факторного планирования работы по снижению риска нарушения безопасности полетов авиакомпании.

## системный подход



главный принцип:  
контактное взаимодействие  
служб при работе на главную  
задачу обеспечения  
безопасности полетов



Рис. 5. Отображение главного принципа системного подхода СУБП

3. Введение понятия характеристических рисков летной работы (риски безопасности полетов).

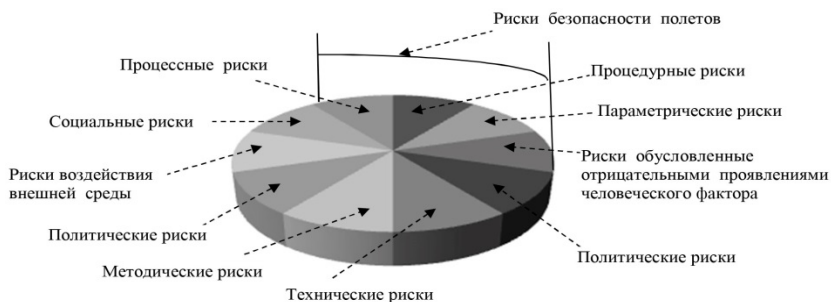


Рис. 6. Характеристические риски летной работы

Введение детализации рисков безопасности полетов : процессные, процедурные, параметрические риски и риски, обусловленные отрицательными проявлениями человеческого фактора позволяет отобразить выраженные особенности работы летной службы авиакомпании. При этом:

- процессные риски – риски, обусловленные деятельностью должностных лиц летной службы управляющей структуры авиакомпании;
- процедурные риски – риски, обусловленные не исполнением заданных процедур при работе членов летного экипажа (стандартные эксплуатационные процедуры и др.).

- параметрические риски – риски, обусловленные не выдерживанием заданных параметров летной работы.

- риски отрицательных проявлений человеческого фактора летной работы.

#### 4. Формирование рисков управляющей структурой летной службы.

С целью повышения эффективности работы СУБП авиакомпании целесообразным является отображение «управляющих» слоев с целью выявления и организации работы по снижению риска по методу отображения «слоев» проф. Д.Ризона, (рис. 7).

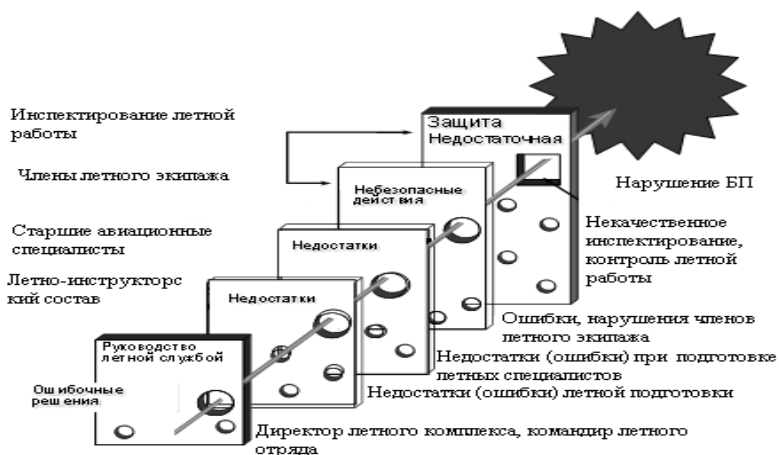


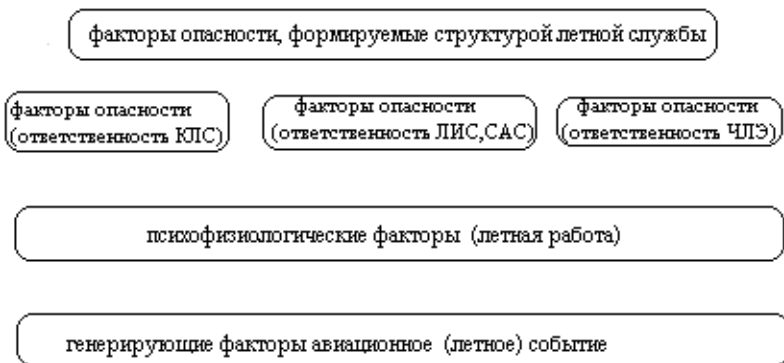
Рис.7. Управляющая структура летной службы авиакомпании, формирующая управленческие риски летной работы.

5. Использование метода отображения «слоев» структуры управления летной службой, формирующих факторы опасности управленческой деятельности.

Каждый «слой» управляющей структуры авиакомпании обладает свойством генерации факторов опасности в процессе производственной деятельности (рис. 8).

Отображение происшедших авиационных событий (летных) в факторной системе отображения позволяет выделить «слои», снижающие эффективность работы СУБП авиакомпании (рис. 8).

6. Формулирование областей оценки параметрических рисков летной работы (рис.8).



Примечание: КПС- ком. летный состав; ЛИС - летно-инструкторский состав;  
САС - старшие авиационные специалисты; ЧПЭ - члены летного экипажа.

Рис. 8. Генерация факторов опасности  
летной службой авиакомпании

6.1. Области оценки параметрических рисков подразделяются на: ДУР – допустимый уровень риска, ОДУР – ограниченно-допустимый уровень риска, СУР – существенный уровень риска, НУР – неприемлемый уровень риска (рис. 9).

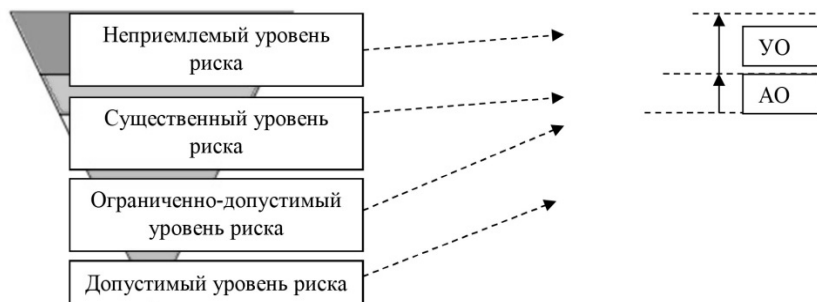


Рис. 9. Области оценки параметрических рисков летной работы:  
АО – область административной ответственности (административный Кодекс РФ); УО – область уголовной ответственности (уголовный Кодекс РФ).

6.2. Области оценки процессных и процедурных рисков подразделяются на: ДУР – допустимый уровень риска, СУР- существенный уровень риска, НУР – неприемлемый уровень риска (рис. 10).

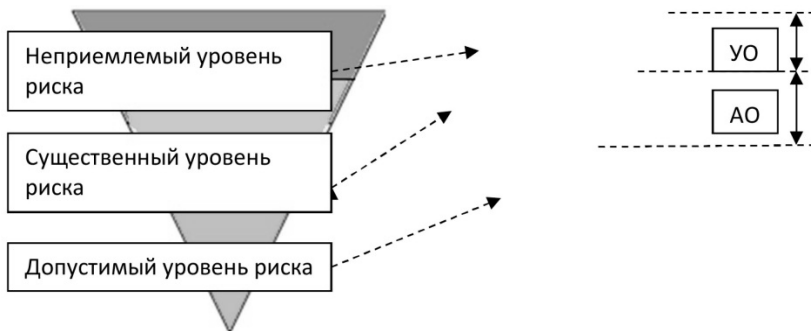


Рис. 10. Области оценки процессных и процедурных рисков

7. Оценка уровня ответственности за нарушение корпоративного стандарта безопасности полетов авиакомпании по типу воздушного судна (рис. 11).



Рис. 11. Установление областей ответственности при нарушении безопасности полетов

Система управления безопасностью полетов относится к разряду систем понуждающих к обязательному исполнению установленных правил, процедур, процессов. Оценка ответственности должностных лиц управляющей структуры летной службы и членов летных экипажей воздушных судов при нарушении безопасности полетов обусловлена требованиями Административного и Уголовного Кодексов РФ.

8. Прогнозирование показателей безопасности и опасности полетов на ожидаемый период (год) по типу воздушного судна авиакомпании (рис.12).

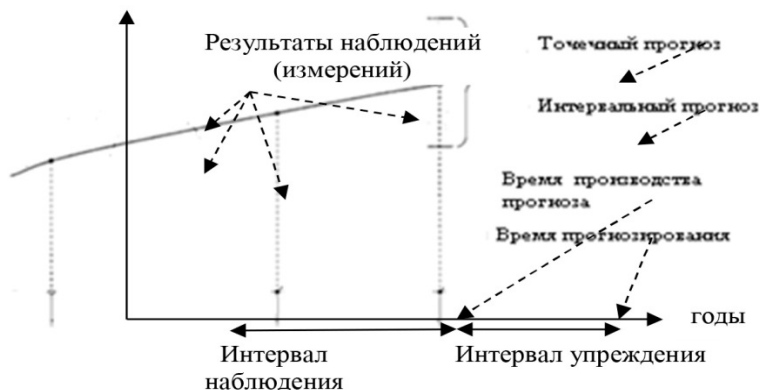


Рис. 12. Структура модели расчета прогноза показателей БП (ОП)

Для решения задачи используется метод точечного и интервального прогнозирования в основе которого лежит отображение расчетной величины прогнозируемого показателя БП (ОП) и возможного разброса его значения (стандартного отклонения).

Этапами прогнозирования являются:

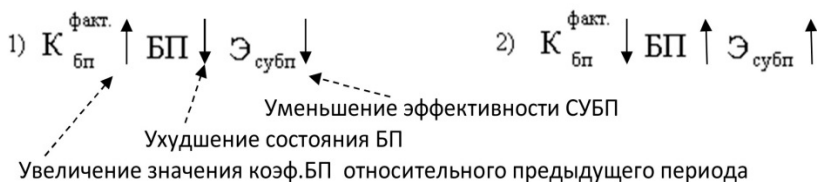
- сбор данных показателя БП (ОП) - исходная информация;
- выбор математической расчетной модели;
- проведение расчетов и визуализация результатов расчета.

Для решения задач прогнозирования коэффициента безопасности полетов используются технические средства: программированный калькулятор или компьютерная типовая сервисная программа с возможностями графического отображения расчетов.

9. Оценка эффективности работы СУБП авиакомпании.

Эффективность рассматривается как продуктивность использования ресурсов в достижении сформулированной цели. Определяющей целевой задачей является решение задачи поддержания или улучшения показателей безопасности полетов при летной эксплуатации воздушных судов авиакомпании. Показатели эффективности обеспечения безопасности полетов используются для того, чтобы отслеживать известные факторы опасности характеризующиеся риском нарушения состояния безопасности полетов с

целью формирования адаптированных корректирующих действий. Разработанный метод оценки эффективности функционирования СУБП авиакомпании основан на сравнительной оценке фактического значения показателя безопасности полетов с прогнозируемым его значением. При этом использован оценочный принцип изменения расчетного значения эффективности функционирования СУБП авиакомпании:



## Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.11.2014г. № 1215 «О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими».
2. Руководство по управлению безопасностью полетов ИКАО DOC 9859, AN/474 2009г.
3. Руководство по управлению безопасностью полетов ИКАО DOC 9859, AN/474 2013 г.
4. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации, 2013.
5. Руководство по информационному обеспечению автоматизированной системы обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации. Москва.: ООО «Аэронавигационное консалтинговое агенство», 191 с.
6. Шапкин В.С., Куклев Е.А., Евдокимов В.Г. Разработка ключевых терминов и определений, рекомендуемых для стандартизации в граждан-

ской авиации России, в системе менеджменте безопасности авиационной деятельности. Научный вестник МГТУ ГА № 187 2013г.

7. Кармалеев Б.А. Управление безопасностью полетов с учетом особенностей функционирования летной службы эксплуатанта гражданской авиации России. Научный вестник 2012 № 1 (3) Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, серия: Проблемы летной эксплуатации воздушных судов. Безопасность полетов и профессиональная подготовка авиационного персонала, 2012.

8. Кармалеев Б.А. Риски в управлении летной работой: Учеб.пособие. Санкт-Петербург. СПб ГУГА, 2011.- 85с .

9. Кармалеев Б.А. Методология оценки риска авиационного события с использованием коррелятивной связи психофизиологических факторов с факторами опасности событий: Материалы второй международной научно-практической конференции . Екатеринбург, 2008.

10. Крыжановский Г.А., Куклев Е.А. Предотвращение авиационных происшествий путем прогнозирования рисков катастроф: материалы научной конференции. Санкт-Петербург, 2005.

11. Кармалеев Б.А. Методика оценки рисков возникновения авиационных событий при летной эксплуатации воздушных судов гражданской авиации. Научный вестник СПб ГУГА, серия: Проблемы безопасности полетов и эксплуатации воздушного транспорта, 2005.

12. Бордунов В.Д. Применение приложения 19 «управление безопасностью полетов» через призму права. Материалы 41-о заседания клуба командиров авиапроизводства России.

13. Оперативное прогнозирование развития текущей ситуации полета при допускаемых отклонениях членами летного экипажа от регламентированной стратегии полета. НИР для ОАО «АК «Трансаэро» НИР, научный руководитель Кармалеев Б.А., 2007 г.



# УЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИЙ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

*Е.П. Дудкин д.т.н., профессор*

*Н.Н. Султанов к.т.н., ассистент*

*В.А. Черняева к.т.н., доцент*

*Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)*

**Аннотация.** В статье показано, что при выборе вида городского транспорта необходимо учитывать вопросы экологии. При этом трамвай становится наиболее выгодным видом городского транспорта. Признав приоритетность городского рельсового транспорта, необходимо разрабатывать и осуществлять меры, повышающие его конкурентоспособность по всем направлениям, по которым это оказывается необходимым, в том числе и по снижению негативного влияния на окружающую среду. Создание современных конструкций трамвайных путей требует применения таких конструктивных элементов, которые не только повышают экономическую эффективность конструкций, но и существенно снижают негативное воздействие на окружающую среду, в частности вибрацию и шум при взаимодействии пути и подвижного состава.

Воздействие различных видов транспорта на городскую среду проявляется неодинаково и это необходимо учитывать при выборе и обосновании элементов транспортного комплекса городов.

Для решения многокритериальной задачи выбора вида городского транспорта могут применяться различные методики. В частности, уже устоявшиеся подходы к проведению технико-экономического обоснования, основанные на расчете различных показателей эффективности инвестиционных проектов, позволяющие учитывать социально-экономические и экологические аспекты применения различных видов транспорта при переводе возникающих эффектов или ущербов в денежный эквивалент.

Выполненные по указанным методикам исследования по выбору и обоснованию видов городского транспорта с учетом экологических харак-

теристик показали, что при комплексной оценке трамвай выходит на лидирующие позиции по сравнению с метрополитеном, троллейбусом и другими видами городского транспорта [2,3,4].

Признав приоритетность рельсового транспорта, необходимо разрабатывать и осуществлять меры, повышающие его конкурентоспособность по всем направлениям, по которым это оказывается необходимым, в том числе и по снижению негативного влияния на окружающую среду [5,6,7].

Длительное время трамвай считался одним из самых основных источников шума и вибрации, а с учетом значительной стоимости инфраструктуры трамвая и одним из самых дорогих.

Однако современные конструктивные решения, как ходовых частей трамвая, так и элементов конструкции трамвайных путей, привели к значительному изменению ситуации в пользу трамвайного сообщения.

Шумность трамвая – следствие неудовлетворительного состояния путей и некачественного ремонта подвижного состава.

Снижение шума и вибрации в источнике образования «трамвайный путь-колесо» возможно следующими способами:

- Шлифование рельсов. С помощью шлифования поверхности рельсов устраняются неровности в виде волнообразного износа, влияющие на интенсивность шума качения.
- Звукоизоляция, вибродемпфирование и виброизоляция рельса, за счет применения подошвенных и боковых профилей.
- Лубрикация стрелочных переводов и кривых малых радиусов с целью снижения интенсивности износа и уровня шума и вибраций.

Научно-образовательным центром «Промышленный и городской транспорт» ФГБОУ ВО ПГУПС, начиная с 2011 года, проводятся исследования и разработка современных конструкций трамвайных путей на монолитном железобетонном и фибробетонном основаниях [2,3,7,8,9,10]. Разработаны альбомы типовых конструкций трамвайных путей для Санкт-Петербурга и Москвы.

В этих альбомах представлены конструкции трамвайных путей для обособленного, совмещенного и выделенного полотна, а также их элементы. Разработке альбомов предшествовали исследования по обоснованию требований к конструкции пути и ее элементам – вкладышам, фибре, армированию. Нами была также разработаны технологии укладки различных конструкций пути.

Особое внимание в этих исследованиях уделялось разработке требований к прирельсовым вкладышам, для которых были разработаны ТУ [11,12]. Однако эти ТУ в основном относились к вкладышам, изготовленным из резины и, фактически, определяли технические условия к материалу вкладышей. Опыт эксплуатации современных конструкций трамвайных путей в России и за рубежом показал, что вкладыши изготавливаются из различных материалов (полимерные, композитные и т. п.). Однако эти их особенности не учтены в ТУ, поэтому необходимо было определить требования не к материалу вкладышей, а к их конструкции в целом. С этой целью выполнены лабораторные испытания [13].

Целью лабораторных испытаний была проверка работоспособности конструкции трамвайных путей при использовании композитных вкладышей «PREFArails» (Бельгия) и фибробетонного основания. Такие вкладыши достаточно хорошо зарекомендовали себя при эксплуатации трамвайных путей в Бельгии и ряде других стран, однако по ряду показателей они не соответствовали утвержденным в Санкт-Петербурге техническим условиям (табл. 1).

Таблица 1

Показатели подошвенных вкладышей		«PREFArails»	«ТУ»
Твердость по Шору	А	25-35	48-54
Прочность на разрыв	МПа	> 0,30	> 6
Относительное удлинение при разрыве	%	> 40	>250

Программа испытаний предусматривала измерения вертикальных и горизонтальных напряжений в различных точках фибробетона, вкладышей, асфальтобетона и перемещений этих элементов конструкции, а также остаточных деформаций подошвенного вкладыша под действием циклической нагрузки.

Проведённые динамические испытания полностью подтвердили работоспособность конструкции. Визуальных разрушений в фибробетонном основании и асфальтовом покрытии не зафиксировано.

Резиновые вкладыши «PREFArails» показали свою работоспособность. Они без существенных изменений напряжённо-деформированного состояния и упругих характеристик выдержали более 12 млн. циклов воздействия, что в 2 раза превышает среднее количество циклов, при сроке эксплуатации основания – 25 лет.

Вертикальные упругие перемещения рельсов с увеличением количества циклов уменьшились с 1,6 до 0,7мм, в результате увеличения жёсткости подрельсового вкладыша.

Однако, в пределах до 5 млн. циклов воздействия (расчетное среднее количество циклов за 25 лет эксплуатации трамвайного пути; такое же количество циклов рекомендуется фирмой Getzner ФРГ, как минимальное при стендовых испытаниях прирельсовых вкладышах), вертикальные перемещения рельсов находились в пределах  $1 \div 1,5$  мм, что является наиболее благоприятным с точки зрения динамического воздействия трамвая на путь и комфортности пассажиров [8].

С целью определения снижения уровня шума при использовании новых технологий были проведены измерения уровня шума на трамвайных путях Володарского моста, моста Александра Невского (где уложены типовые конструкции пути на рельсо-шпальной решетке) и Троицкого моста (новые технологии), а так же Вяземском переулке (новые технологии), Песочной набережной, пр. Маршала Говорова (старые технологии).

Полученные результаты показали, что:

- Шум от проходящего подвижного состава по Песочной набережной в 2 раза, а по пр. Маршала Говорова - в 1,5 раза выше, чем на Вяземском переулке.
- На всех трех мостах шум от проходящего трамвая увеличивается на одну и ту же величину, но в относительных единицах на Троицком мосту (конструкции, выполненные по новым технологиям) показания оказались в среднем на 3 дБА меньше.

Кроме этого были проанализированы результаты замеров шума и вибрации, выполненные другими исследователями [14,15]. Полученные данные позволили сделать вывод - в результате внедрения современных конструкций трамвайных путей, удалось снизить уровень шума от трамваев на 3 – 7 дБ и довести вибрационное воздействие на фундаментные части зданий, расположенных на расстоянии 16 м и более от головки ближайшего рельса, до нормативных значений для ночного времени. При укладке трамвайных путей в исторической части города, кроме использования прирельсовых вкладышей, необходимо применение противовибрационных матов. В настоящее время нами проводятся исследования по обоснованию требований к таким матам и композитным вкладышам. Широкое внедрение таких конструкций позволяет существенно повысить безопасность труда во-

дителей и снизить шумовую и вибрационную нагрузку на окружающую среду.

### Литература

1. Сталович Н.С., Савченко Ю.В. Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Беларусь Экологические аспекты функционирования городского электротранспорта.

2. Область эффективного применения рельсового городского транспорта и возможность их расширения. Е.П. Дудкин, В.А. Черняева. Транспорт Российской Федерации. № 9. 2015. СПб с 48-51.

3. Комплексный подход к выбору и обоснованию вида городского транспорта. Бюллетень результатов научных исследований. 2013, № 33 (8), с. 4 – 13, Е.П. Дудкин, Н.В. Левадная, В.А. Черняева.

4. Черняева В.А. Комплексное обоснование выбора систем городского пассажирского общественного транспорта. Автореферат дисс. на соиск. ученой степени к.т.н. СПб 2014. 16 с.

5. Титова Т.С., Макарова Е.И., Дудкин Е.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОКЛАВНОГО ШУМОЗАЩИТНОГО ПЕНОБЕТОНА // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 2 (54). С. 35

6. Городской рельсовый транспорт: инновационные конструкции трамвайного пути на выделенной полосе. Е.П. Дудкин, Н.Н. Султанов, Ю.Г., Параскевопуло и др. Транспорт Российской Федерации (журнал о науке, экономике, практике) №4 (47) 2013 СПб с 51-54.

7. Султанов Н.Н. Техничко-экономическое обоснование перспективных конструкций трамвайных путей. Автореферат дисс. на соискание уч. ст. к.т.н. Спец. 05.22.06. Ж. д. путь, изыскания и проектирование ж. д. СПб. 2015. 17 с.

8. Проблемы охраны труда и геоэкологической опасности городского транспорта. Е.П. Дудкин, В.А. Черняева. Технологии техносферной безопасности. Научный интернет журнал. Выпуск 1 (53). 2014. С. 29.

9. Использование фибробетона в конструкции трамвайных путей. Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экологии, практики. Е.П. Дудкин, Ю. Г. Параскевопуло, Н.Н. Султанов. С. 77-79

10. ТУ 2539-00203222089-2011. «Профили резиновые боковые для рельсов трамвайных путей».

11. ТУ 2539-001-03222089-2011. «Профили резиновые подошвенные для рельсов трамвайных путей».

12. Experimental Research of New Tram Track Construction Operating Fatigue Capacity/ Advanced Materials Research Vols/ 1025-1026 (2014) pp. 849 – 853, 2014/Sep. 112. E.P.Dudkin, A.V. Benin, J.G. Paraskevopulo.

13. «Исследование вибрационного воздействия, обусловленного движением трамваев в городских условиях» Марков С.Б., Пименов И.К., Пшенин В.Н. ЗАО «Экотранс-Дорсервис» Санкт-Петербургский государственный морской технический университет. IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Защита от шума и вибрации» 26-28.04.2013 с 578-596.

14. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

# ОПТИКОЭЛЕКТРОННЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ И ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

*В.Е. Терентьев к.т.н., профессор, почетный академик ОО «РАТ»  
Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова (ГУМРФ).*

**Аннотация.** В связи с задачей снижения техногенных выбросов в атмосферу на транспорте, за счет привлечения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и необходимости создания соответствующих инновационных устройств, в работе рассмотрены основы теории и модели оптикоэлектронного (фотонного) способа коммутации секций обмотки вращающегося ротора электрической машины. Способ заключается в применении принципа «динамического оптрона». Предложены модели бесколлекторной оптронной электрической машины (БОЭМ) и устройства управления движением электроприводных транспортных средств на основе БОЭМ. Обе модели отличаются низким уровнем шума, энергоэффективностью и способностью функционировать при питании, как от электросети, так и от ВИЭ – солнечного излучения.

## **1. Инновации в электроэнергетике.**

В последние годы в мировой электроэнергетике интенсивно развивается инновационная тенденция замещения истощаемых источников энергии (ИИЭ): электростанций на нефти, угле, газе, атомном топливе возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ): электростанциями на солнечной, ветровой, волновой, геотермальной и др. видах энергии. В некоторых странах доля ВИЭ в общем балансе вырабатываемой электроэнергии уже превышает 20%: в Великобритании 21%, в

Шотландии 50%. Ежегодные мировые инвестиции в ВИЭ составляют (в 109 долларов США): 120 (2008 г.), 160 (2009), 211 (2010), 257 (2011), 244 (2012), 233 (2013), 270 (2014). В Великобритании инвестиции в солнечную энергетику в 2015 г. увеличились на 77% [1].

ВИЭ становятся стратегическим приоритетом в мировой электроэнергетике XXI в. [2].

## **2. Оптикоэлектронная (фотонная) коммутация в электрических машинах.**

Для реализации ВИЭ создаются инновационные электротехнические устройства: солнечные батареи; ветровые, волновые, геотермальные и др. электростанции, а также электроприводные транспортные средства на их основе: железнодорожные составы, электромобили, самолеты, морские суда на солнечных батареях и ветрогенераторах [1,2].

При использовании солнечных батарей энергия солнечного излучения, передаваемая электрической машине (ЭМ), частично теряется сначала при преобразовании излучения в электрический ток на разогрев фотоэлементов, затем на разогрев металлических проводов, по которым электрический ток подается на щеточно-коллекторное устройство, коммутирующее обмотки якоря. Электромеханическое щеточно-коллекторное устройство, применяемое обычно для коммутации, имеет недостатки, снижающие энергоэффективность ЭМ: увеличение сопротивления и разогрев, искрение контакта щетка-коллектор, сопровождаемое ростом механических и электрических шумов, причем искрение под щетками при большой частоте вращения ротора может давать короткое замыкание по окружности коллектора и приводить к выходу из строя ЭМ.

Не дает заметного выигрыша в энергоэффективности питание ЭМ, при котором щеточно-коллекторное устройство заменено вентильной системой, из-за сложности управления процессом коммутации [3].

В настоящей работе предложен новый оптикоэлектронный (фотонный) метод коммутации секций обмотки вращающегося ротора. Он заключается в применении принципа «динамического оптрона».

Как известно, в корпусе оптрона устанавливаются напротив друг друга на одной оси в качестве излучающего элемента светодиод (лазерный диод) и в качестве чувствительного элемента фотодиод (либо фототиристор, фототранзистор или фотосопротивление). При подаче сигнала светодиод излучает в направлении фотодиода, включенного в цепь нагрузки, и открывает его. При этом через нагрузку протекает ток. Электрическое сопротивление оптронов между цепями управления и нагрузки достигает 1012 Ом, а емкость между ними – менее 0,1 пФ, задержка срабатывания



менее 1 мкс. Эти характеристики пары светодиод-фотодиод определяют возможность применения метода оптикоэлектронной (фотонной) связи и управления для решения широкого круга задач электротехники и автоматики.

При оптикоэлектронном методе коммутации один из элементов оптрона, например светодиод, устанавливается на вращающемся роторе, а ответный элемент – фотодиод – на неподвижном статоре, так, чтобы их оптические оси совпали в момент подхода светодиода под фотодиод. За время совмещения полей пары светодиод-фотодиод осуществляется передача энергии через воздушный промежуток от ротора к статору в нагрузку внешней цепи. Эта схема соответствует работе бесколлекторной оптронной ЭМ (БОЭМ) как генератора. Режим двигателя реализуется, если элементы оптрона поменять местами: фотодиод установить на роторе, а светодиод – на статоре. «Статорные» элементы оптрона устанавливаются на геометрической нейтральной линии магнитных полюсов, аналогично установке щеток при использовании щеточно-коллекторного устройства. «Роторные» элементы оптрона, включенные в секции обмотки ротора, размещаются равномерно по окружности аналогично пластинам коллектора.

Бесколлекторный оптронный электрический двигатель (БОЭД) способен работать непосредственно на солнечной энергии, если вместо светодиода применить световод от концентратора солнечной энергии.

На основе оптикоэлектронного метода разработаны две полезные модели: бесколлекторная электрическая машина и устройство питания электроприводных транспортных средств [4], [5].

### 3. Моделирование характеристик БОЭМ

При оптикоэлектронной коммутации, согласно 2, время коммутации  $\tau_k$  равно времени прохождения светового пятна диаметром  $d_{св}$  светоприемника через апертуру фотоприемника  $A_{пр}$ . Для случая  $d_{св} \ll A_{пр}$ , время коммутации составит

$$\tau_k = A_{пр} / (r \cdot \omega_p),$$

где:  $r$  – радиус,  $\omega_p$  – угловая скорость ротора.

Активное сопротивление цепи статора  $r_s$  определяется активным сопротивлением обмотки возбуждения:

$$r^s = r^{sOB}.$$

Активное сопротивление цепи ротора  $rr$  складывается из сопротивления обмотки ротора  $гоб$  и последовательно соединенного сопротивления оптической ветви  $об$  ( $r^{rob}$ ):

$$r^r = r^{rob} + r^{rob}.$$

Электрическое сопротивление оптической ветви  $об$  определяется потерями энергии: в светодиоде на преобразование электрической энергии в оптическое излучение; в промежуточной воздушной среде между статором и якорем на поглощение, рассеяние, либо усиление; в фотодиоде на преобразование энергии оптического излучения в электрическую энергию.

В соответствии с определением сопротивления оптической ветви, данным в работе [9, с. 22], можно записать

$$r^{rob} = \sqrt{\frac{\mu A}{\varepsilon A}} \exp[(r' + a' - g') l] (\eta_{OЭ} \cdot \eta_{ЭO} \cdot G)^{-1} \quad (1)$$

где:  $\mu A$ ,  $\varepsilon A$  – абсолютные магнитная, диэлектрическая проницаемости среды;  $r'$ ,  $a'$ ,  $g'$ ,  $l$  – натуральные показатели рассеяния, поглощения, усиления, длина пути излучения в воздухе;  $\eta_{OЭ}$ ,  $\eta_{ЭO}$ ,  $G$  – коэффициенты преобразования электрической энергии в оптическое излучение светодиода, оптического излучения в электрическую энергию фотодиода, геометрический фактор, соответственно. Здесь:  $G = \pi - 1(1\Omega) - 2\cos\varphi_0 A_{ФПУ}$ ,  $\Omega$  – телесный угол оптического излучения,  $\varphi_0$  – угол между направлением луча и нормалью к плоскости входного зрачка фотодиода  $A_{ФПУ}$  – площадь входного зрачка.

Для тока якоря (ротора)  $ir$  в случае параллельного возбуждения получим выражение

$$ir = e / \{ r^{rob} + \exp[(r' + a' - g') l] (\eta_{OЭ} \cdot \eta_{ЭO} \cdot G)^{-1} \} \quad (2)$$

где:  $e$ ,  $r^{rob}$  – ЭДС, сопротивление обмотки ротора, соответственно.

Динамика электромеханических устройств, например, электрических машин (ЭМ), описывается на основе второго закона Ньютона линейными дифференциальными уравнениями второго порядка с постоянными коэффициентами и ненулевой правой частью вида [6,7,8]

$$k^2 + A_1 k + A_2 \alpha = A_3 \quad (3)$$

где:  $k = \omega r = da/dt$  – угловая скорость ротора,  $\alpha$  – угловое положение ротора, фиксируемое датчиком положения ротора (ДПР);  $A_1 = P/J$ ;  $A_2 = W/J$ ;  $A_3 = pBAwI/J$ ;  $BAwI$  – момент вращения, определяемый электромагнитной энергией электрической цепи машины. Здесь  $P$  – коэффициент демпфирования;  $J$  – момент инерции ротора;  $B$  – магнитная индукция, создаваемая статором в обмотке ротора;  $A$  – площадь витков обмотки ротора;  $w$  – число витков в обмотке ротора;  $p$  – число пар полюсов (для двухполюсной машины  $p = 1$ );  $I$  – ток в обмотке ротора. При повороте ротора на угол  $da$  за время  $dt$  ЭДС самоиндукции в обмотке ротора составит

$$e = -BAw \cdot \omega r, \quad (4)$$

а ток определится выражением (2).

Коэффициент демпфирования включает две составляющие:  $P = P_1 + P_2$ , где  $P_1$  определяет демпфирование вследствие механического сопротивления воздуха, его для данной машины можно считать постоянным. Составляющая  $P_2$  определяет индукционное демпфирование под действием ЭДС самоиндукции. Момент демпфирования  $M_\partial$  противодействует моменту вращения  $M_{ep}$ :

$$M_\partial = M_{ep} = BAwI = P_2 \cdot \omega r,$$

Рассмотрение состояния электрической цепи для модели двухфазной ЭМ проводится в приближении двухфазной двухполюсной машины, отсутствия высших гармоник электромагнитного поля в воздушном зазоре между статором и ротором. Снятие этих ограничений возможно при применении обобщенного электромеханического преобразования [7].

Дифференциальные уравнения переходных и установившихся процессов в электрической цепи двухфазной машины в фазовых непреобразованных координатах приведены в [6,7].

Для упрощения уравнений электромеханического преобразования энергии рассмотрена неподвижная машина в ортогональной системе координат  $\alpha$  и  $\beta$ , в обмотку ротора введена ЭДС вращения, а токи, активная и реактивная мощности оставлены неизменными [6,7]:

В выражениях (5) и (6) обозначено:  $u_{\alpha}^s, u_{\beta}^s; u_{\alpha}^r, u_{\beta}^r$ , – напряжения на обмотках статора и ротора;  $i_{\alpha}^s, i_{\beta}^s; i_{\alpha}^r, i_{\beta}^r$  – токи в обмотках статора и ротора;  $r_{\alpha}^s, r_{\beta}^s; r_{\alpha}^r, r_{\beta}^r$  – активные сопротивления обмоток статора и ротора;  $L_{\alpha}^s, L_{\beta}^s; L_{\alpha}^r, L_{\beta}^r$ , –индуктивности обмоток статора и ротора;  $M$  – взаимная индуктивность обмоток статора и ротора;  $\omega_r$  – угловая скорость ротора;  $\theta$  – угол между осями обмоток статора и ротора. Активные сопротивления и индуктивности относятся к фазе машины, определяются расчетным и опытным методами.

$$\left. \begin{aligned} u_{\alpha}^s &= i_{\alpha}^s r_{\alpha}^s + \frac{d\Psi_{\alpha}^s}{dt} \\ u_{\beta}^s &= i_{\beta}^s r_{\beta}^s + \frac{d\Psi_{\beta}^s}{dt} \\ u_{\alpha}^r &= i_{\alpha}^r r_{\alpha}^r + \frac{d\Psi_{\alpha}^r}{dt} + \omega_r \Psi_{\beta}^r \\ u_{\beta}^r &= i_{\beta}^r r_{\beta}^r + \frac{d\Psi_{\beta}^r}{dt} - \omega_r \Psi_{\alpha}^r \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где потокосцепления:

$$\left. \begin{aligned} \Psi_{\alpha}^s &= L_{\alpha}^s i_{\alpha}^s + M i_{\alpha}^r \\ \Psi_{\beta}^s &= L_{\beta}^s i_{\beta}^s + M i_{\beta}^r \\ \Psi_{\alpha}^r &= L_{\alpha}^r i_{\alpha}^r + M i_{\alpha}^s \\ \Psi_{\beta}^r &= L_{\beta}^r i_{\beta}^r + M i_{\beta}^s \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Уравнения могут быть представлены в комплексной форме

$$\bar{U}^s = R^s \bar{I}^s + \frac{d\bar{\Psi}^s}{dt}; \quad (7)$$

$$\bar{U}^r = R^r \bar{I}^r + \frac{d\bar{\Psi}^r}{dt} - j\omega_r \bar{\Psi}^r \quad (8)$$

Система уравнений (3) – (8) описывает динамические и статические характеристики электрической машины. Уравнения установившегося режима получают при замене в уравнениях оператора дифференцирования

$$\frac{d}{dt} \leftrightarrow j\omega.$$

Как следует из выражений (1)-(8), характеристики оптоэлектронной (фотонной) коммутации зависят от потерь энергии на преобразование электрического тока в оптическое излучение, и наоборот, оптического излучения в электрический ток. В настоящее время КПД этих преобразований в лабораторных измерениях достигают 70%.

Можно видеть, что оптоэлектронный метод коммутации на основе принципа «динамического оптрона» лишен недостатков щеточно-коллекторного метода и соответствует требованию энергоэффективности.

#### 4. Модель бесколекторной оптоэлектрической машины [4].

В соответствии с проведенным анализом синтезирована модель бесколекторной оптронной машины, которая схематически представлена на рис. 1.

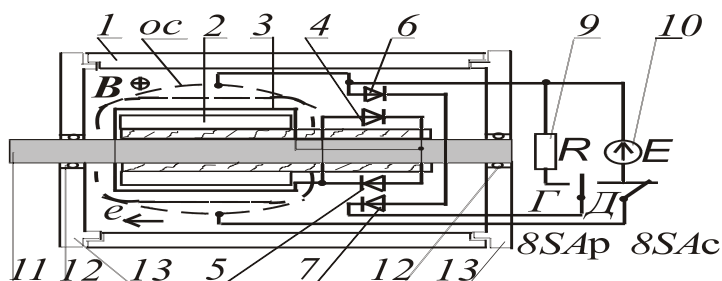


Рис. 1. Схема бесколекторной электрической машины с оптоэлектронной (фотонной) коммутацией: 1 – корпус; oc – обмотка полюсов статора, укрепленных на внутренней стороне корпуса,  $B^+$  – вектор магнитной индукции; 2 – ротор; 3 – секция обмотки ротора,  $e_{-}$  – направление ЭДС в нижней ветви обмотки; 4, 5 – диоды – датчики положения ротора (ДПР), установленные на роторе; 6, 7 – ответные фотодиоды, снабженные оптическими фильтрами, являющиеся входами электронного коммутатора, закреплены на корпусе на геометрической нейтральной линии полюсов статора; 8 – переключатели режимов работы машины;

*8SAp* – переключатель цепи ротора; *8SAc* – включатель цепи статора; 9 – нагрузка; 10 – источник электроэнергии; 11 – вал машины; 12 – подшипники в торцевых стенках 13 корпуса 1

Управление основными режимами работы машины:

- в режиме генератора 4, 5 – светоизлучатели, 6, 7 – фотоприемники, **8SAp** включен в положение «Г», **8SAc** включен;
- в режиме двигателя 4, 5 – фотоприемники, 6, 7 – светоизлучатели, **8SAp** включен в положение «Д», **8SAc** включен.

Возможно дальнейшее повышение энергоэффективности БОЭМ за счет уменьшения числа преобразований на пути доставки энергии к ротору. Можно доставлять излучение источника, например, солнечное излучение прямо к фотоприемникам, установленным на роторе, минуя сразу два преобразования: в солнечных элементах излучения в электрический ток и в светоизлучателях электрического тока в оптическое излучение. Более того, при «солнечном» питании отпадает необходимость в солнечных батареях, а также в металлических проводах, соединяющих солнечные батареи с светоизлучателями.

Указанная возможность реализуется в схеме модели, представленной на рис. 2:

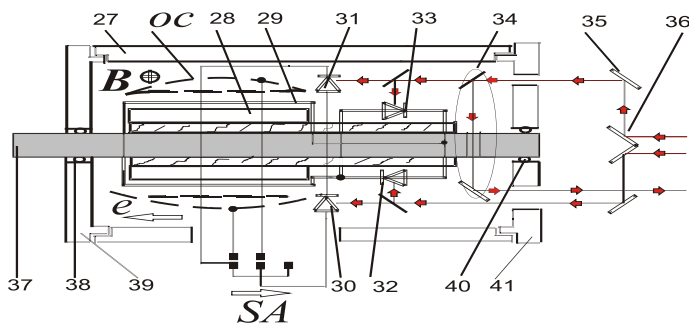


Рис. 2. Схема «солнечного» электропитания БОЭД: Электрическая часть: 27 – корпус, на внутренней стороне которого укреплен статор (магнитные полюсы с обмотками возбуждения (ос), символом  $B^+$  указано направление вектора магнитной индукции, 28 – ротор с обмоткой 29 (направление ЭДС в нижней ветви обмотки указано символом  $e \leftarrow$ ), 29–30, 31–32 – фотодиоды, SA – переключатель «реверс»; Оптическая часть: 33 – зеркала датчика положения ротора (ДПР), 35, 36 – пластины оптической зеркальной системы доставки излучения двигателю от внешнего источника и

*вывода излучения ДПР к внешнему фотоэлектрическому частотомеру; Механическая часть: 37; 38, 40; 39,41 – вал; подшипники; торцевые стенки корпуса БОЭД, соответственно. Пластины оптической зеркальной системы можно заменить волоконнооптическим световодом*

Таким образом, предложено инновационное устройство, оптронная электрическая гоашина, содержащее станину, на внутренней поверхности которой укреплены полюсы с обмотками возбуждения, внутри станины соосно помещен свободно вращающийся якорь в виде металлического цилиндра с продольными пазами на поверхности, в которых размещены секции обмотки якоря, отличающееся тем, что к концам каждой секции обмотки якоря подсоединяют встречно-параллельно 2 светодиода в режиме генератора либо 2 фотодиода в режиме двигателя, во внешнюю неподвижную цепь включают, соответственно, фотодиод либо светодиод, располагаемые на геометрической нейтрали полюсов машины, создавая динамическую мультиэлементную оптопару, с помощью которой в обоих режимах машины в моменты совпадения оптических осей движущегося и неподвижного элементов оптопары обеспечивают негальваническую электроэнергетическую связь обмотки вращающегося якоря с неподвижной внешней цепью, причем, светодиоды и фотодиоды оптопары согласовывают по спектральным, частотным и пространственно-временным характеристикам.

Инновационное предложение направлено на достижение следующих технических результатов: снижение уровня электрических и механических помех, увеличение износостойкости, повышение эффективности и надежности в работе, расширение области применения электрической машины, основанное на возможности беспроводного дистанционного управления БОЭД, а также на возможности использования ВИЭ – солнечного излучения.

## **5. Модель устройства управления движением электроприводных транспортных средств [5].**

Инновационная полезная модель относится к области электрического транспорта и может быть использована для бесконтактного питания электрической энергией морских и речных судов – электроходов, электромобилей, погрузчиков, летательных аппаратов и других электроприводных транспортных средств (ЭТС).

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемой полезной модели является устройство управления движением ЭТС по патенту RU 87122 МПК В60L 11/00, опубл. 27.09.2009. Устройство осуществляет питание обмоток статора многофазных вентильных магнитоэлектрических машин, встраиваемых непосредственно в колеса ЭТС, и состоит из преобразователей постоянного напряжения, обеспечивающих преобразование постоянного напряжения аккумуляторных батарей в переменное и управление коммутацией фаз многофазной статорной обмотки каждой многофазной вентильной магнитоэлектрической машины в необходимой последовательности по сигналам датчика положения ротора. Для достижения наилучшей управляемости и устойчивости ЭТС устройство питания получает информацию об угле поворота рулевого колеса с датчика угла поворота рулевого колеса и о частоте вращения одной многофазной вентильной магнитоэлектрической машины, встроенной в колесо электромобиля, с датчика положения ротора и задает ток каждой многофазной вентильной магнитоэлектрической машине, встроенной в колесо электромобиля, в зависимости от угла поворота рулевого колеса и частоты вращения одной многофазной вентильной магнитоэлектрической машины, встроенной в колесо электромобиля.

Недостатком известного устройства является ограниченная маневренность и ненадежность транспортного средства, поскольку цепь обратной связи определяет ток каждой многофазной вентильной магнитоэлектрической машины в зависимости только от двух факторов: угла поворота рулевого колеса и частоты вращения одной многофазной вентильной магнитоэлектрической машины, встроенной в колесо автомобиля.

Предлагаемое устройство позволяет получить новый по сравнению с прототипом технический результат, заключающийся в повышении маневренности и надежности управления ЭТС. Кроме того, устройство обладает экономичностью и низким уровнем шума. Для достижения указанного технического результата в предлагаемой полезной модели используется следующая совокупность существенных признаков: в устройстве управления движением ЭТС, содержащем, как и прототип, бесколлекторные оптронные двигатели, установленные на каждом движителе, батарее аккумуляторов, датчики положения ротора (ДПР), в отличие от прототипа, энергия батареи аккумуляторов преобразуется в излучение оптического диапазона спектра, которое по световодам доставляется каждому электро-



двигателю индивидуально, где излучение фотодиодной схемой преобразуется в ток обмоток статора и ротора.

Сущность предлагаемой полезной модели заключается в том, что при сохранении достоинств прототипа в повышении управляемости и устойчивости ЭТС она позволяет получить указанный результат за счет управления электропитанием и движением электроприводного ЭТС по информации, снимаемой с контура обратной связи, включающего не только ДПР, но и пропорциональный интегро-дифференциальный (ПИД) – регулятор, силовой ключ – драйвер, оптический модулятор конкретного электродвигателя, а так же компьютерно-измерительную систему (КИС) всего устройства. Кроме того, наличие КИС в контуре управления при использовании дополнительных датчиков позволяет решать задачи оптимизации движения ЭТС с учетом меняющихся факторов окружающей обстановки.

Сущность полезной модели поясняется чертежом на рис. 3, где дана схема электропитания транспортного средства с четырьмя электродвигателями (двигателями).

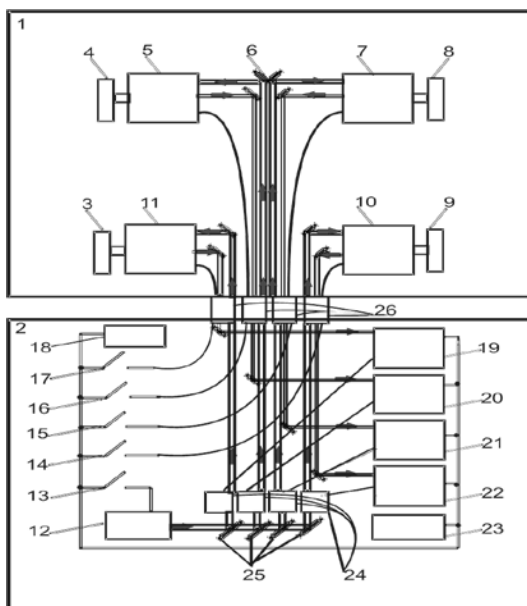


Рис. 3. Схема управления движением ЭТС с четырьмя, в качестве примера, двигателями.

Блок 1 исполнительный: 3,4,8,9 – двигатели; 5,7,10,11 – бесколлекторные оптикоэлектрические двигатели (БОЭД) (по Патенту RU № 2563974, зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 31.08.2015 г.) с оптическими системами, датчиками положения ротора (ДПР) и переключателями реверса, показанными на схеме рис. 2.

Блок 2 управления: 12 – источник излучения оптического диапазона спектра (лазер) с коммутатором 13; 14...17 – управление переключателями реверса каждого двигателя БОЭД; 18 – батарея аккумуляторов; 19...22 – ПИД-регуляторы каждого из четырех БОЭД с силовыми ключами (драйверами), управляющими оптическими модуляторами 24; 23 – компьютерно-измерительная система (КИС), входящая совместно с ДПР, ПИД-регуляторами, драйверами и оптическими модуляторами в контур управления ЭТС;

6, 24 – пластины световодов зеркальной системы, либо элементы волоконных световодов. Электрические соединения обозначены одинарными линиями, световоды – линиями со стрелкой. Пластины световодов зеркальной системы представлены отрезками прямой линии, расположенными под углами  $\pm 45$  град. дуги к осям потоков излучения.

Предложенное устройство состоит из двух блоков 1 и 2, которые оптически связаны с помощью контактных соединений – коннекторов 26, либо дистанционно с помощью беспроводных телескопических систем.

Блок 1 исполнительный размещают в непосредственной близости от БОЭД 5, 7, 10, 11; фотодиоды 29, 30 и 31, 32, включенные в обмотки статора и ротора двигателей, преобразуют подводимое оптическое излучение в ток, который создает крутящий момент на валу каждого двигателя и соответствующего движителя 3, 4, 8, 9.

Блок 2 содержит органы управления электропитанием индивидуально каждого двигателя: источник 12 оптического излучения (лазер), к выходу которого подключены световоды доставки излучения токоприемникам – БОЭД 5, 7, 10, 11; систему оптической обратной связи контура управления, охватывающего датчики положения ротора ДПР 34, пропорциональные интегро-дифференциальные регуляторы ПИД-регуляторы 19...22 с силовыми ключами – драйверами и оптические модуляторы 24; батарею аккумуляторов 18; переключатели реверса 14...17; компьютерно-измерительную систему КИС 23 на микро-ЭВМ.

Предложенное устройство работает следующим образом.

Включают с помощью коммутатора 13 электропитание источника 12. В источнике 12 постоянное напряжение батареи аккумуляторов преобразуется в излучение оптического диапазона спектра. В качестве источника 12

применяют лазер со средней мощностью оптического излучения порядка 100 Вт из наиболее технологичных типов: CO<sub>2</sub> – лазеры, волоконные, диодные и др. В источнике 12 благодаря стимулированному испусканию квантов рабочей средой происходит генерация когерентного излучения, которое доставляется по световодам на входы оптических систем двигателей 35, 36. Поток излучения оптической системой доставляется к фотодиодам 30, 31 и 32, 33, преобразующим излучение в ток обмоток статоров и роторов, что приводит к возникновению крутящего момента валов двигателей и связанных с ними движителей 3, 4, 8, 9. В каждом двигателе малую часть потока излучения (~ 0.02) отводят зеркалами 34 датчика положения ротора ДПР на фоточувствительный вход (ПВД) регулятора (19, 20, 21 или 22), который совместно с силовым ключом – драйвером, оптическим модулятором 24 и компьютерно-измерительной системой КИС 23 входят в контур управления электропитанием двигателя.

Управление движением ЭТС осуществляют заданием на клавиатуре микро-ЭВМ КИС 23 числа оборотов и переключением реверса индивидуально каждого двигателя. Контур управления выводит каждый двигатель на заданное число оборотов, что повышает надежность управления движением ЭТС.

Таким образом, рассмотрено устройство управления движением электроприводных транспортных уредств (ЭТС), содержащее батарею аккумуляторов, преобразователь постоянного напряжения, бесколлекторные электрические машины, встроенные в движители, с датчиками положения ротора (ДПР) для достижения наилучшей управляемости и устойчивости ЭТС, отличающееся тем, что бесколлекторные электрические машины являются бесколлекторными оптронными двигателями (БОЭД), встраиваемыми непосредственно в движители ЭТС, система питания обмоток статора и ротора представляет собой преобразователь постоянного напряжения батареи аккумуляторов в излучение оптического диапазона спектра, доставляющее по светопроводам энергию к каждому бесколлекторному оптоэлектрическому двигателю, где излучение с помощью фотодиодов преобразуется в ток статорной и роторной обмоток, что вызывает крутящий момент ротора двигателя и связанного с ней движителя, в качестве преобразователя постоянного напряжения применяют лазер – источник излучения оптического диапазона спектра, в качестве светопровода – систему зеркал и волоконно-оптических элементов, контур управления синте-

зируют для каждого двигателя в составе ДПР, пропорционального интегрально-дифференциального регулятора, силового ключа-драйвера, оптического модулятора и компьютерно-измерительной системы (КИС), управление движением ЭТС осуществляют заданием на клавиатуре микро-ЭВМ КИС числа оборотов и переключением реверса индивидуально каждого двигателя, контур управления выводит каждый двигатель на заданное число оборотов, что повышает надежность управления движением ЭТС, причем, для расширения функциональных возможностей предлагаемое устройство разбито на два оптически связанных блока: исполнительный блок 1 размещают в непосредственной близости от БОЭД и соответствующих движителей, блок 2 содержит органы управления электропитанием индивидуально каждого двигателя (движителя), так что управление движением ЭТС может осуществляться как в контактном, так и в беспроводном дистанционном режимах при переходе от коннекторной к телескопической оптической связи блока управления 2 с исполнительным блоком 1.

Дальнейшее повышение эффективности, уменьшение уровня шума устройства достигают путем оптимизации работы на основании непрерывного контроля температурного режима и спектра шума блоков на частотах 50 и 100 Гц, выполняемого с помощью КИС.

Проведенный анализ показывает, что оптикоэлектронная (фотонная) коммутация ЭМ имеет ряд преимуществ. Среди них можно отметить:

1. При фотонной коммутации гальваническая связь ротора с внешней цепью отсутствует, исчезают паразитные наводки, что приводит к повышению помехоустойчивости, надежности машины. Электрическая машина становится более бесшумной, простой в управлении, энергоэффективной.

2. Элементы, обеспечивающие фотонную коммутацию, – оптроны, т.е. пары светоизлучающий диод – принимающее устройство (фототиристор, фототранзистор или фотосопротивление) – отличаются значительным электрическим сопротивлением между цепями управления и нагрузки (~ 1000 Ом) и емкостью между ними менее 0,1 пФ. Это обеспечивает малую задержку срабатывания (1 мкс).

3. Примененный принцип «динамической оптопары» позволяет сделать ЭМ пожаробезопасной за счет устранения таких причин, как разогрев контакта коллектор – щетка, искрение под щеткой, круговой огонь по окрестности коллектора.

4. Возможно уменьшение числа преобразований на пути доставки энергии к ротору, если доставлять излучение, например солнечное излучение, прямо к фотоприемникам, установленным на роторе, минуя два преобразования: в солнечных батареях излучения в электрический ток и в светоизлучателях электрического тока в оптическое излучение.

5. Рассмотренное устройство управления движением электроприводных ТС (ЭТС) позволяет управлять каждым двигателем (движителем) индивидуально в зависимости от условий на трассе движения при использовании дополнительных датчиков (крена, дифферента и др.), что повышает надежность управления, эффективность, маневренность и точность позиционирования ЭТС в пространстве. Устройство может функционировать в двух режимах: 1) в проводном контакте блоков 1 и 2 и 2) в беспроводном дистанционном, когда исполнительный блок 1 находится на удалении в зоне видимости блока управления 2 – при замене контактных коннекторов 26 телескопическими оптическими системами.

## Литература

1. REN 21 2015. Renewables Global Status Report 2015 (pdf)
2. В.Сидорович. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменяют наш мир. – М.: Альпина Пабlishер. 2015. – 208 с.
3. Бесколлекторные двигатели, [www. rchelimag.com](http://www.rchelimag.com); Вентильные двигатели – Википедия; Микеров А.Г. Управляемые вентильные двигатели малой мощности. Учебное пособие. СПб: СПбЭТУ, 1997. – 64 с.
4. Терентьев В.Е. Бесколлекторная электрическая машина. Патент № RU 2563974.  
Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 31.08.2015 г. Опубликовано 27.09.2015 г. Бюл. № 27.
5. Терентьев В.Е., Сабуров С.В. Устройство управления движением электропроводных транспортных средств. Патент № 166091. Зарегистрирован в Госреестре полезных моделей РФ 25.10.2016 г.
6. Копылов И.П. Электрические машины. М: Энергоатомиздат, 1986. 360 с.

7. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. М: Высшая школа. 1987. 248 с.
8. Справочник по электрическим машинам (том I, раздел I). И.П.Копылов, Б.К.Клоков, <http://servomotors.ru>, 1990
9. Терентьев В.Е. Моделирование электрических цепей и систем с оптико-электронными устройствами. Монография. – СПб.:СПГУВК, 2009. – 201 с.

# ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Л.И. Ковальчук д.т.н., профессор*

*В.Н. Соболин к.п.н., доцент*

*БГАРФ ФГБОУ ВО Калининградский государственный  
технический университет.*

**Аннотация.** В настоящей статье приведены экспериментально-теоретические модели, для сравнительной оценки выбросов оксида углерода с отработавшими газами, двигателем с принудительным зажиганием при работе на бензине и топливном газе.

Дана сравнительная оценка выбросов оксида углерода с отработавшими газами конкретным двигателем при работе на бензине и топливном газе.

Одним из общепризнанных направлений снижения вредного воздействия двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на окружающую среду является переход к альтернативным видам топлива, в первую очередь перевод двигателей на питание газомоторным топливом. Перевод транспортных средств на альтернативные виды топлива, включая газомоторное топливо, как одно из направлений по снижению негативного воздействия транспорта на окружающую природную среду, включен в шестую цель Транспортной Стратегии РФ на период до 2030 г.

Наиболее перспективными из таких топлив к применению являются природный газ (метан) и топливный газ (пропан-бутановые смеси). В настоящее время компримированный природный газ (КПГ) и сжиженный углеводородный газ являются наиболее подготовленными видами альтернативных топлив для использования в ДВС.

Использование газомоторного топлива в качестве альтернативного в ДВС представляется исключительно целесообразным. Наличие в стране его внушительных запасов, низкая отпускная цена по сравнению с жидким топливом, высокая скорость возврата вложенных средств, экологическая

безопасность – по этим показателям в настоящее время газомоторное топливо занимает первое место среди альтернативных топлив.

Экологические проблемы, особенно в городах, являются наиболее существенными факторами, стимулирующими перевод ДВС на газомоторное топливо. По данным различных источников [1-4], при правильно отрегулированном двигателе, работающем на газомоторном топливе, выбросы оксида углерода сокращаются в 5-10 раз, углеводородов - в 2-3 раза, оксидов азота – в 2 раза по сравнению с бензиновым выхлопом. При этом, как правило, не оговариваются условия, при которых были получены сравнительные оценки. Очевидно, что наиболее полная сравнительная оценка токсичных выбросов с отработавшими газами может быть дана в том случае, если располагать моделями, описывающими закономерности образования выбросов на всех возможных эксплуатационных режимах при работе двигателя на жидком и газомоторном топливах.

Теоретические предпосылки и алгоритмы построения моделей, позволяющих дать сравнительную оценку токсичных выбросов с отработавшими газами ДВС в инертном диапазоне скоростных и нагрузочных режимов, изложены в работах [5-6]. В качестве примера построены модели выбросов оксида углерода с отработавшими газами при работе двигателя на бензине и топливном газе. Модели сформированы на основе следующих исходных данных:

- использованы результаты стендовых испытаний шестицилиндрового V-образного двигателя VOLVO B280E с распределенной системой впрыска бензина и газобаллонным оборудованием четвертого поколения по серии нагрузочных характеристик;

- в качестве газомоторного топлива использовался сжиженный углеводородный газ марки ПБТ, ГОСТ Р 52087-2003;

- испытания проводились без каталитического нейтрализатора в диапазоне частот вращения от 1400 до 2200 мин<sup>-1</sup> с шагом  $\Delta n = 200$  мин<sup>-1</sup>;

- для измерения выбросов оксида углерода с отработавшими газами использовался многокомпонентный газоанализатор модификации «Автотест – 02.03»;

- отбор проб производился на срезе выпускной трубы, в которую для снижения температуры отработавших газов были вмонтированы дополнительные глушители, что позволило довести время замеров на каждом ре-



жиме до значений, предусмотренных технической характеристикой газоанализатора.

В процессе испытаний проводились замеры следующих параметров:

$S$  – перемещение дроссельной заслонки, мм.;

$G_m, G_r$  – соответственно часовой расход бензина и часовой расход топливного газа, кг/ч;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, мин-1;

$CO$  и  $CO'$  – соответственно выбросы оксида углерода при работе двигателя на бензине и топливном газе, %;

$\alpha$  и  $\alpha'$  – соответственно коэффициент избытка воздуха при работе двигателя на бензине и топливном газе.

Количество выбросов оксида углерода с отработавшими газами в единицу времени определялось как часть от общего количества продуктов сгорания по формулам:

- при работе двигателя на бензине

$$CO_{\bar{O}} = G_m (1 + l_0 \cdot \alpha) \cdot CO'_{\bar{O}} / 100, \quad (1)$$

где:  $CO_{\bar{O}}$  и  $CO'_{\bar{O}}$  – соответственно количество выбросов оксида углерода при работе двигателя на бензине, кг/ч и %;

$l_0 = 14,964$  кг воздуха/кг топлива – количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг бензина среднего элементарного состава ( $C = 0,855; H = 0,145$ );

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

- при работе двигателя на топливном газе

$$CO_2 = G_r (1 + l'_0 \cdot \alpha) \cdot CO'_2 / 100, \quad (2)$$

где:  $CO_2$  и  $CO'_2$  – соответственно выбросы оксида углерода при работе двигателя на топливном газе, кг/ч, %;

$l'_0 = 16,694$  кг воздуха/кг газа – количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топливного газа среднего элементарного состава (бутан – 58,63%; пропан – 41,14%; метан – 0,23%).

Все вычислительные операции по определению параметров моделей выполнялись с использованием относительных величин

$$CO_0 = \frac{CO}{CO_H}; S_0 = \frac{S}{S_H}; n_0 = \frac{n}{n_H} \quad (3)$$

где: индекс «0» означает относительное значение параметра, а индексом «H» обозначены нормирующие параметры, численные значения которых приняты одинаковыми при работе двигателя на бензине и топливном газе и равными:  $CO_H = 6,29$  кг/ч;  $S_H = 24$  мм;  $n_H = 2200$  мин<sup>-1</sup>.

С учетом описанных выше условий, для оценки выбросов оксида углерода с отработавшими газами получены следующие уравнения:

- при работе двигателя на бензине

$$CO_{60} = (12.144 \cdot n_0^2 - 14.005 \cdot n_0 + 5.6939) \cdot S_0^2 + (-19.845 \cdot n_0^2 + 24.194 \cdot n_0 - 9.2965) \cdot S_0 + (9.7417 \cdot n_0^2 - 11.965 \cdot n_0 + 4.3394) \quad ; \quad (4)$$

- при работе двигателя на топливном газе

$$CO_{20} = (0,5098 \cdot n_0^2 - 0,5926 \cdot n_0 + 0,2052) \cdot S_0^2 + (-0,8936 \cdot n_0^2 + 1,0595 \cdot n_0 - 0,3596) \cdot S_0 + (0,4097 \cdot n_0^2 - 0,4835 \cdot n_0 + 0,1726) \quad . \quad (5)$$

Расчеты выбросов оксида углерода по уравнениям (4) и (5) выполнены для одних и тех же скоростных и нагрузочных режимов. Результаты расчетов представлены на рис. 1 в виде зависимости  $CO_{г0} = f(CO_{60})$ , которая аппроксимирована полиномом первого порядка

$$CO_{20} = 0.0151 \cdot CO_{60} + 0.0124 \quad (6)$$

Уравнение (6) удобно использовать для сравнительной оценки выбросов оксида углерода с отработавшими газами при работе двигателя на бензине и топливном газе в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. Например, если выбросы  $CO_{60} = 1,0$  при работе двигателя на бензине, то при работе двигателя на этом же режиме на топливном газе  $CO_{20} = 0,0245$ , то есть меньше в 36 раз; при  $CO_{60} = 0,2$ ,  $CO_{20} = 0,1542$  – выбросы оксида углерода меньше в 13 раз. Другими словами, при работе двигателя на топливном газе выбросы оксида углерода с отработавшими газами многократно меньше сравнительно с выбросами при работе на бензине. С увеличением частоты вращения и нагрузки это различие изменяется, в данном случае примерно по линейному закону.

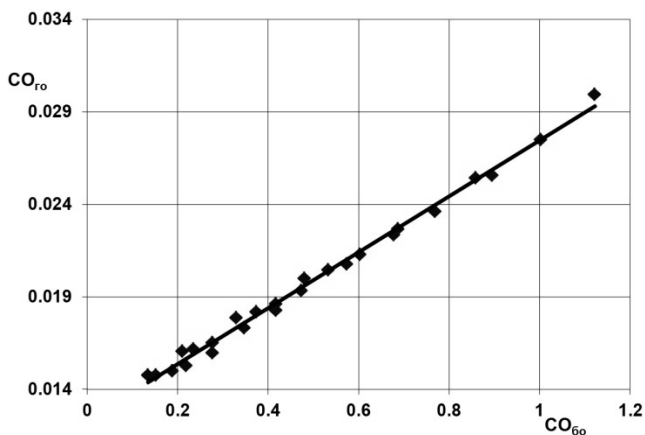


Рис. 1

Следует отметить еще одно важное преимущество перевода двигателей с принудительным зажиганием на газомоторное топливо. Замеры токсичных

выбросов на новых автомобилях, оборудованных трехкомпонентными каталитическими нейтрализаторами, показывают, что на установившихся режимах токсичные выбросы с отработавшими газами при работе на бензине практически равны нулю. На переходных режимах, которые характерны для городских условий эксплуатации автомобилей, токсичные выбросы появляются и удерживаются, в зависимости от продолжительности переходного режима, в течение 3 ..... 10 с. При работе двигателя на топливном газе без каталитического нейтрализатора выбросы оксида углерода изменялись в пределах от 0,09 до 0,12 % независимо от режима работы двигателя.

Несмотря на очевидные преимущества, в России рынок газомоторного топлива характеризуется относительно низкими объемами потребления. По данным [4] в 2013 г. в структуре рынка моторного топлива доля КПГ составила не более 0,25%.

В связи с этим, для устойчивого развития рынка газомоторного топлива необходима реализация мер государственной поддержки на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, направленных на стимулирование и мотивацию всех потребителей к приобретению газомоторной техники, в том числе посредством более активного разъяснения и пропа-

ганды технических, экономических и экологических преимуществ транспортных средств, эксплуатирующихся на газомоторном топливе.

### Литература

1. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. / В.А. Звонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
2. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. / Б.И. Базаров, 2-е издание. – Ташкент: ТАДИ, 2007. – 104 с.
3. Морозов К.А. Токсичность автомобильных двигателей. / К.А. Морозов. – М.: Легион, 2001. – 80 с.
4. Акопова Г.С. Эколого-экономический анализ перспектив использования газомоторного топлива на автомобильном транспорте. / Г.С. Акопова, Н.Д. Власенко, Д.О. Давыдова // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. - № 6. – с.23-27.
5. Ковальчук Л.И. Формирование экспериментально-теоретических моделей токсичных выбросов с ОГ двигателем с искровым зажиганием при работе на топливном газе. / Л.И. Ковальчук, И.В. Мишачков // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. - № 6. – с.28-33.
6. Ковальчук Л.И. Сравнительная оценка выбросов оксида углерода с ОГ двигателем с принудительным зажиганием при работе на бензине и топливном газе. / Л.И. Ковальчук, И.В. Мишачков // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. - № 5. – с.40-45.

# ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САЖЕВЫХ ЧАСТИЦ ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ НА ГАЗОМОТОРНОМ ТОПЛИВЕ

*В.А. Лиханов д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО Вятская государственная  
сельскохозяйственная академия, город Киров*

**Аннотация.** В работе приведен анализ результатов по исследованию характеристик излучения сажевых частиц в цилиндре быстроходного дизеля с турбонаддувом как при работе на дизельном топливе, так и при работе на компримированном природном газе.

Исследование теплового излучения имеет большое практическое значение, т.к. доля лучистого теплообмена в общем теплообмене при работе различных энергетических установок составляет 20-40%. В дизелях обычно доля теплового излучения составляет 35-40%. При работе плохо отрегулированного двигателя и нерасчетных режимах, когда происходит высокое сажеобразование, доля теплового излучения может составлять 60-70%.

Математическое моделирование характеристик излучения (спектральные и интегральные плотности потоков и степени черноты) двигателей играет огромную роль и представляет высокий практический интерес при прогнозировании работы двигателей и улучшения их эксплуатационных показателей. Двигатели внутреннего сгорания – самый распространенный тип энергетических установок, которые используются в работе автотранспорта и сельхозтехники. Сажа – одно из наиболее токсичных и вредных составляющих отработавших газов в дизелях. Даже небольшое ее содержание в двигателях при сжигании топлива значительно усиливает тепловое излучение продуктов сгорания.

Для дизелей и газодизелей исследования проводились в камере сгорания (заштрихованная область на схеме) по направлению, перпендикулярному стенке цилиндра дизеля или газодизеля. На рис. 1 представлен пример индикаторной диаграммы дизеля и схема цилиндра дизеля.

Для вычисления перечисленных выше характеристик была использована комплексная программа.

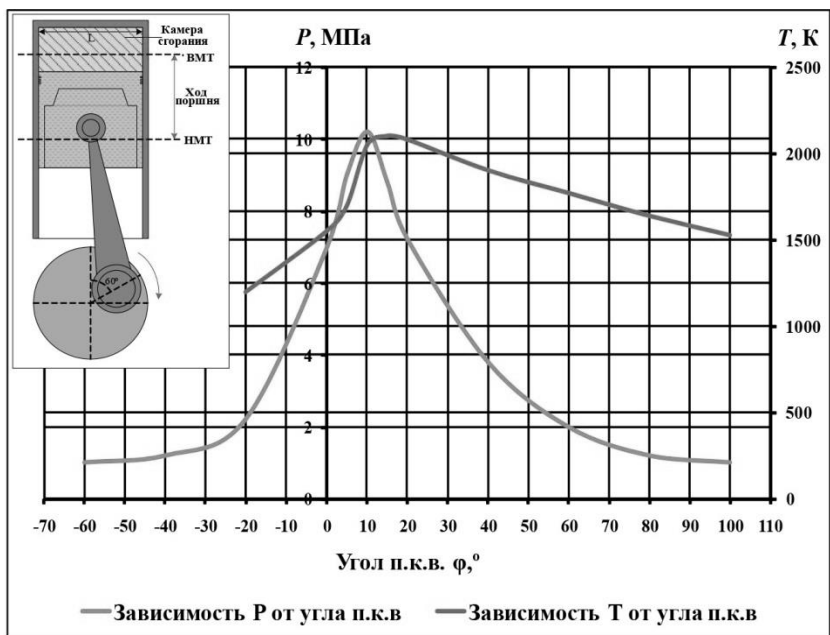


Рис. 1. Индикаторная диаграмма и схема цилиндра дизеля

Наиболее важные исходные параметры для расчета: параметр дифракции  $\rho = 2\pi/\lambda$ , функция распределения частиц по размерам  $f(r)$  и комплексный показатель преломления  $m = n_1 - n_2 \cdot i$ , где  $n_1$  – показатель преломления,  $n_2$  – показатель поглощения частиц конденсированной фазы продуктов сгорания. Комплексный показатель преломления определяет оптические свойства частиц конденсата.

Также исходными данными при расчете характеристик являются термо- и газодинамические параметры (температура, давление, массовая доля, состав и т.д.).

Исходные данные, используемые для исследования характеристик излучения и радиационных характеристик дизелей и газодизелей представлены в таблице 1. В работе использовались результаты экспериментальных исследований [1], которые проводятся в Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры ДВС по изучению процесса сгорания и сажеосодержания в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4 ЧН 11,0/12,5. Номинальная частота вращения  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ , нагрузка  $p_e = 0,84$

МПа и установочный угол опережения впрыскивания топлива  $\theta_{впр} = 11^\circ$  поворота коленчатого вала.

Распределение частиц сажи по размерам в цилиндре дизеля и газодизеля описывается зависимостью вида:

$$f(r) = \frac{4r^2}{\pi r_m^3} e^{-\left(\frac{r}{r_m}\right)^2}$$

где:  $r_m = 0,02$  мкм – модальный радиус.

При разных углах поворота коленчатого вала изменялась температура и давление. Массовая концентрация частиц считалась постоянной.

Таблица 1

Исходные данные для частиц сажи в цилиндре дизеля и газодизеля

	Угол поворота коленчатого вала $\varphi$ , °							
	5	10	15	20	40	60	80	100
Температура $T$ , К (дизель)	1700	2050	2100	2080	1900	1770	1640	1530
Давление $p$ , МПа (дизель)	9	10,2	8,8	7,2	3,8	2	1,2	1,0
Температура $T$ , К (газодизель)	2000	2400	2500	2420	2080	1750	1580	1470
Давление $p$ , МПа (газодизель)	6,9	10,8	9,2	7,2	3,5	1,8	1,0	0,9
Плотность частиц $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,9							
Массовая доля $Z$	1/15 = 0,067 (дизель); 1/18=0,056 (газодизель)							
Молярная масса $\mu$ , г/моль	198 (дизель); 16 (газодизель)							
Толщина слоя $L$ , мм	38							
Интервал длин волн $\lambda$ , мкм	0,5..5,0							
Шаг $\Delta\lambda$ , мкм	0,2							
Максим. радиус частиц $r$ , мкм	0,06							
Массовая доля H <sub>2</sub> O	0,05 (дизель); 0,06 (газодизель)							
Массовая доля CO	4,7·10 <sup>-4</sup> (дизель); 3,9·10 <sup>-4</sup> (газодизель)							
Массовая доля CO <sub>2</sub>	0,08 (дизель); 0,09 (газодизель)							

Спектральные и интегральные плотности потоков ( $F_\lambda$ , Вт/(см<sup>2</sup>·мкм) и  $F$ , Вт/см<sup>2</sup>) через единицу площади поверхности, перпендикулярной направлению нормали определяются по формулам:

$$F_\lambda = \int_{\Omega} I(r, \Omega) \Omega n d\Omega, \quad F = \int_0^{\infty} F_\lambda d\lambda,$$

где:  $I$  – интенсивность энергии излучения, которая находится путем решения интегро-дифференциального уравнения переноса энергии излучения:

$$(\Omega \nabla) I(r, \Omega) + k_\lambda I(r, \Omega) = \beta_\lambda \int_{4\pi} I(r', \Omega') \gamma \left( r, r', \Omega, \Omega' \right) d\omega' + \alpha_\lambda I_0(r)$$

Спектральные и интегральные степени черноты ( $\varepsilon_\lambda$  и  $\varepsilon$ ) находятся как:

$$\varepsilon_\lambda = F_\lambda / F_{\lambda, \text{АЧТ}}, \quad \varepsilon = \int_0^{\infty} \varepsilon_\lambda d\lambda.$$

В работе были проведены исследования для всех углов поворота коленчатого вала при разных температурах и давлениях для дизеля и газодизеля. На рис. 2 и рис. 3 представлены графические зависимости спектральных характеристик излучения от длины волны для дизеля при углах поворота коленчатого вала  $\varphi = 15^\circ$  и  $\varphi = 100^\circ$  соответственно.

Из графиков видно, что спектральная степень черноты убывает с увеличением длины волны, а ее значение изменяется в пределах от  $6,83 \cdot 10^{-1}$  до  $9,99 \cdot 10^{-1}$  при угле п.к.в. дизеля  $\varphi = 15^\circ$  и в пределах от  $1,5 \cdot 10^{-1}$  до  $9,59 \cdot 10^{-1}$  при угле п.к.в. дизеля  $\varphi = 100^\circ$ . Спектральное распределение плотности потока повторяет по характеру функцию Планка, его абсолютное значение изменяется в пределах от 1,35 до  $5,29 \cdot 10^1$  Вт/(см<sup>2</sup>·мкм) при угле п.к.в. дизеля  $\varphi = 15^\circ$  и в пределах от  $7,79 \cdot 10^{-3}$  до 6,45 Вт/(см<sup>2</sup>·мкм) при угле п.к.в. дизеля  $\varphi = 100^\circ$ .

Максимальные значения достигаются при длине волны 1,3 мкм при угле п.к.в. дизеля  $\varphi = 15^\circ$  и при длине волны 1,7 мкм при угле п.к.в. дизеля  $\varphi = 100^\circ$ .

С увеличением угла п.к.в. увеличивается спектральная плотность потока энергии излучения, что позволяет судить о появлении частиц сажи, которые обладают высокой излучающей способностью.





Рис. 2. Спектральное распределение плотности потока и спектральная зависимость степени черноты от длины волны при угле п.к.в.  $\varphi = 15^\circ$ ,  $T = 2100 \text{ K}$ ,  $P = 8,8 \text{ МПа}$

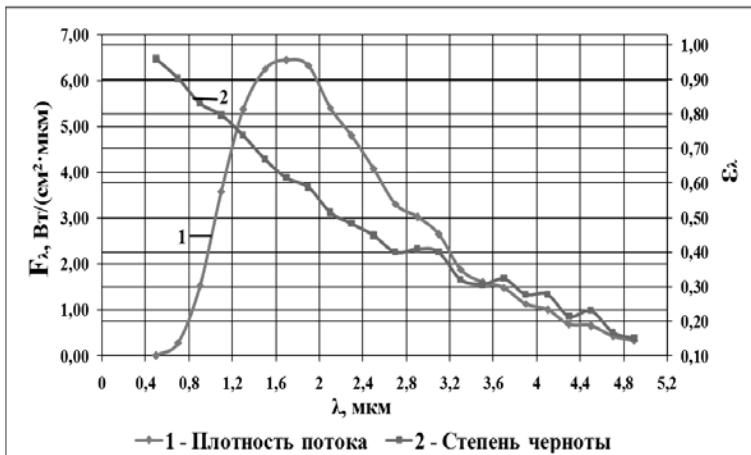


Рис. 3. Спектральное распределение плотности потока и спектральная зависимость степени черноты от длины волны при угле п.к.в.  $\varphi = 100^\circ$ ,  $T = 1530 \text{ K}$ ,  $P = 1,0 \text{ МПа}$

На рис. 4 и рис. 5 в качестве примеров представлены графические зависимости спектральных характеристик излучения от длины волны для газодизеля при углах поворота коленчатого вала  $\varphi = 15^\circ$  и  $\varphi = 100^\circ$  соответственно.



Рис. 4. Спектральное распределение плотности потока и спектральная зависимость степени черноты от длины волны при угле п.к.в.  $\varphi = 15^\circ$ ,  $T = 2500\text{ K}$ ,  $P = 9,2\text{ МПа}$



Рис. 5. Спектральное распределение плотности потока и спектральная зависимость степени черноты от длины волны при угле п.к.в.  $\varphi = 100^\circ$ ,  $T = 1470\text{ K}$ ,  $P = 0,9\text{ МПа}$

Из графиков видно, что спектральная степень черноты убывает с увеличением длины волны, а ее значение изменяется в пределах от  $1,31 \cdot 10^{-1}$  до  $8,81 \cdot 10^{-1}$  при угле п.к.в. газодизеля  $\varphi = 15^\circ$  и в пределах от  $1,03 \cdot 10^{-1}$  до  $2,38 \cdot 10^{-1}$  при угле п.к.в. газодизеля  $\varphi = 100^\circ$ . Спектральное распределение плотности потока также повторяет по характеру функцию Планка, его аб-

солотное значение изменяется в пределах от  $7,89 \cdot 10^{-1}$  до  $7,69 \cdot 10^1$  Вт/(см<sup>2</sup>·мкм) при угле п.к.в. газодизеля  $\varphi = 15^\circ$  и в пределах от  $8,99 \cdot 10^{-4}$  до  $5,97 \cdot 10^{-1}$  Вт/(см<sup>2</sup>·мкм) при угле п.к.в. газодизеля  $\varphi = 100^\circ$ .

Максимальные значения достигаются при длине волны 1,1 мкм при угле п.к.в. газодизеля  $\varphi = 15^\circ$  и при длине волны 2,1 мкм при угле п.к.в. газодизеля  $\varphi = 100^\circ$ .

Значения интегральной степени черноты и интегральной плотности потока от угла поворота коленчатого вала дизеля представлены в табл. 2.

Таблица 2

Интегральная степень черноты и интегральная плотность потока в зависимости от угла поворота коленчатого вала дизеля

Угол п.к.в. $\varphi, ^\circ$	Интегральная степень черноты (дизель)	Интегральная плотность потока, Вт/см <sup>2</sup> (дизель)	Интегральная степень черноты (газодизель)	Интегральная плотность потока, Вт/см <sup>2</sup> (газодизель)
5	9,78E-01	4,02E+01	2,91E-01	2,40E+01
10	9,84E-01	9,01E+01	5,30E-01	9,37E+01
15	9,72E-01	9,85E+01	4,83E-01	1,01E+02
20	9,52E-01	9,27E+01	4,23E-01	7,74E+01
40	8,49E-01	5,63E+01	1,81E-01	1,76E+01
60	6,86E-01	3,36E+01	9,87E-02	4,60E+00
80	5,38E-01	1,89E+01	6,26E-02	1,87E+00
100	4,80E-01	1,24E+01	5,24E-02	1,14E+00

На рис. 6 и рис. 7 представлены графические зависимости интегральной степени черноты и интегральной плотности потока от угла поворота коленчатого вала дизеля и газодизеля.

Зависимости интегральной степени черноты и интегральной плотности потока повторяют по характеру функцию Планка. Абсолютное значение интегральной степени черноты для дизеля изменяется в пределах от  $4,80 \cdot 10^{-1}$  до  $9,84 \cdot 10^{-1}$ , для газодизеля – от  $5,24 \cdot 10^{-2}$  до  $5,30 \cdot 10^{-1}$ . Максимум достигается при угле п.к.в. дизеля и газодизеля  $\varphi = 10^\circ$ . Абсолютное значение интегральной плотности потока для дизеля изменяется в пределах от  $1,24 \cdot 10^1$  до  $9,85 \cdot 10^1$  Вт/см<sup>2</sup>, для газодизеля – от 1,14 до  $1,01 \cdot 10^2$  Вт/см<sup>2</sup>. Максимум достигается при угле п.к.в. дизеля и газодизеля  $\varphi = 15^\circ$ .

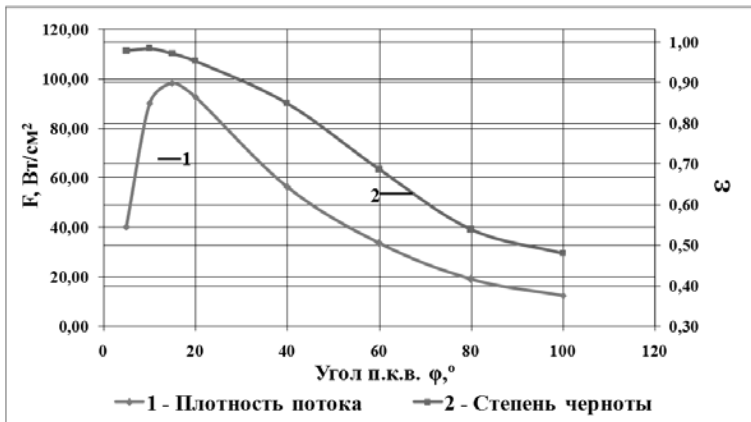


Рис. 6. Зависимость интегральной плотности потока и интегральной степени черноты от угла п.к.в. дизеля

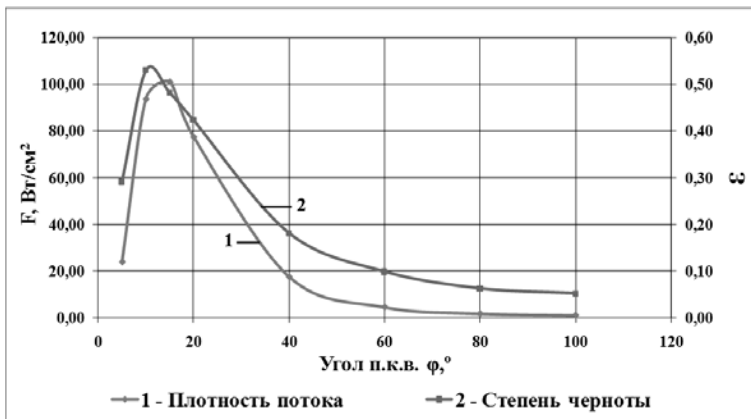


Рис. 7. Зависимость интегральной плотности потока и интегральной степени черноты от угла п.к.в. газодизеля

Полученные графические зависимости спектральной плотности потока и степени черноты от длины волны позволяют судить о вкладе различных термо- и газодинамических параметров (длина волны, температура, давление, состав, функция распределения, концентрация) на характеристики излучения газовой и конденсированной сред в различных участках спектра. Установлено, что снижение токсичности продуктов сгорания в газодизеле приводит к понижению содержания сажи и уменьшению доли

лучистого теплообмена до 4 раз, что ведет к уменьшению теплонапряженности двигателя и меньшему износу цилиндро-поршневой группы.

Анализ результатов показывает, что нельзя пренебрегать селективностью излучения гетерогенных продуктов сгорания и недопустимо использование серого приближения в большинстве расчетов теплового излучения.

## Литература

1. Лиханов, В. А. Исследование процессов образования и выгорания сажи в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе : монография / В. А. Лиханов, В. Г. Мохнаткин, А. В. Россохин; под общ. ред. В. А. Лиханова. - Киров : ВятГСХА, 2006. - 124 с. – Библиогр.: с. 107-121.

## ПРЕЗИДИУМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Председатель президиума



**Барышников Сергей Олегович**  
ректор СПб ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова,  
д.т.н., профессор



**Зайцев Евгений Николаевич**  
д.т.н., профессор Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Почетный академик Российской академии транспорта



**Захаров Виталий Иванович**  
д.т.н., заслуженный работник транспорта РФ, эксперт Северо-Западного управления государственного автомобильного надзора, Почетный академик Российской академии транспорта



**Зубарев Евгений Васильевич**  
доктор транспорта, заслуженный  
работник транспорта РФ, Почет-  
ный академик Российской акаде-  
мии транспорта



**Вихров Николай Михайлович**  
д.т.н., заслуженный работник  
транспорта РФ, генеральный ди-  
ректор ЗАО «Канонерский ре-  
монтный завод»



**Дудкин Евгений Павлович**  
д.т.н., профессор Петербургского  
государственного университет путей  
сообщения Императора Алек-  
сандра I



**Усанов Борис Павлович**  
д.т.н., заслуженный строитель РФ,  
экс-советник Губернатора Санкт-  
Петербурга, профессор Санкт-  
Петербургского государственного  
архитектурно-строительного уни-  
верситета, Почетный академик  
Российской академии транспорта



**Черненко Виктор Игоревич**  
д.т.н., профессор, Санкт-  
Петербургского государственного  
морского технического универси-  
тета, член экспертной комиссии  
при Главкоме ВМФ



**Каралаш Наталья Ивановна**  
ответственный секретарь

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Российская академия транспорта .....	3
2.	Российской академии транспорта – 25 лет!.....	4
3.	С.О. Барышников. Северо-Западное региональное отделение Российской академии транспорта: состояние и задачи на ближайшую перспективу .....	5
4.	Решение общего юбилейного собрания северо-западного регионального отделения РАТ .....	16
5.	Почетные академики Российской академии транспорта СЗРО.....	17
6.	Северо-Западное региональное отделение Российской академии транспорта .....	20
7.	А.В. Бахмутская, А.В. Муха. Состояние и перспективы развития транспортно-логистического комплекса СПб.....	21
8.	И.Г. Малыгин, В.И. Комашинский. Четвертая индустриальная революция (industrie 4.0) в транспортной сфере проблемы и решения .....	36
9.	Ю.Г. Котиков. Аспекты моделирования мультипортовой мультимодальной сети региона .....	53
10.	В.В. Балясников, Ю.В. Ведерников. Перспективы создания системы обеспечения комплексной безопасности на транспорте.....	67
11.	Е.Н. Зайцев, Г.А. Крыжановский, Е.В. Коникина, И.А. Тецлов, И.Г. Шайдуров. Формирование транспортно-логистической системы смешанных перевозок с учётом требований по безопасности .....	80
12.	Б.А. Кормалеев. Особенности формирования эффективной системы управления безопасностью полетов при летной эксплуатации воздушных судов в гражданской авиации России.....	103
13.	Е.П. Дудкин, Н.Н. Султанов, В.А. Черняева. Учет экологических требований при разработке конструкций трамвайных путей.....	120
14.	В.Е. Терентьев. Оптикоэлектронные модели управления электрическими машинами и электроприводными транспортными средствами .....	126
15.	Л.И. Ковальчук, В.Н. Соболин. Оценка возможностей снижения токсичных выбросов в окружающую среду с отработавшими газами двигателями внутреннего сгорания .....	142
16.	В.А. Лиханов. Излучательные характеристики сажевых частиц при работе дизеля на газомоторном топливе .....	148
17.	Президиум Северо-Западного регионального отделения .....	157



## **КОНТАКТЫ АДРЕС ТЕЛЕФОН**

**Россия, 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7**

**Тел./Факс: (812) 251-12-21**

**e-mail: sev-zap\_rat@ mail.ru**

**моб. тел. + 7 (921) 361-90-05**

Уважаемые члены РАТ  
приглашаем Вас к участию в формировании второго  
выпуска сборника трудов СЗРО РАТ.

Редакционный совет

Научно-информационный сборник «РАТ СЕВЕРО-ЗАПАД» отпечатан на средства членов президиума СЗРО РАТ.

Формат 60x90/16, Печ. л. 10

Тираж 200 шт. заказ № 32985

Отпечатано в типографии ООО «ИПК «НП-Принт»

190020, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала дом 199-201

Тел./факс: (812) 611-11-07

