

ООО «НК «РОСНЕФТЬ» - НТЦ»

**Специализированный институт
по транспортной инфраструктуре
(СИТИ)**



РОСНЕФТЬ



СИТИ

**ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Сборник статей

Краснодар
2023

УДК 625.7

ББК 39.31

П90

П90 Пути реализации перспективных технических решений. Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог и искусственных сооружений : сборник статей / ООО «НК «РОСНЕФТЬ» - НТЦ»; Специализированный институт по транспортной инфраструктуре (СИТИ). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – 50 с.

ISBN 978-5-91718-721-1

Данный сборник статей составлен по материалам II научно-практической конференции «Пути реализации перспективных технических решений. Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог» (31 мая 2022 г.) и III научно-практической конференции «Пути реализации перспективных технических решений. Проектирование, строительство и эксплуатация искусственных сооружений» (22 июля 2022 г.).

В материалах статей отражены исследования российских ученых, специалистов ведущих научных и образовательных центров, производственных предприятий ТЭК, а также аспирантов и студентов инженерных специальностей.

Издание предназначено для специалистов нефтегазовой и дорожной отраслей, научно-исследовательским организациям, высшим учебным заведениям.

ББК 39.31

УДК 625.7

ISBN 978-5-91718-721-1

© Коллектив авторов, 2023

© ООО «НК «РОСНЕФТЬ» - НТЦ», 2023

© Специализированный институт
по транспортной инфраструктуре
(СИТИ), 2023

© Оформление ООО «Издательский
Дом – Юг», 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Остов А.С.

Особенности строительства и способы
повышения надежности конструкции земляного полотна
во II дорожно-климатической зоне на примере
Вологодской области 4

Воронков О.Н., Кравченко А.Е.

Сезонный фактор в оценке экономической эффективности
эксплуатации мостовых сооружений за их жизненный цикл 11

Москаленко С.А., Кравченко А.Е.

Интегративное взаимодействие управляемых потенциалов
в системе подготовки и реализации организационно-
технологической документации в сфере дорожного
строительства с использованием информационных
технологий 17

Славуцкий М.А.

Методика сопоставительного прогнозирования ожидаемых
сроков наступления фактической потребности в ремонтах
асфальтобетонных слоев по результатам испытаний
битумных вяжущих 22

Зельцер Г.А.

Повсеместное применение полимерных конструкций
при обустройстве месторождений 30

Матигорова О.С.

Вопросы переустройства съездов развязок
с позиции обеспечения безопасности движения 34

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ВО II ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ НА ПРИМЕРЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Остов А.С.

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»,
г. Вологда, Россия;

БПОУ ВО «Вологодский строительный колледж»,
г. Вологда, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы применения уплотненного и переуплотненного грунта в конструкции земляного полотна. Приводятся мероприятия по сохранению достигнутой плотности грунта в конструкции земляного полотна.

Современный этап развития системы транспорта России характеризуется ростом количества автомобилей. Единственным ответом увеличивающемуся росту количества автомобилей является увеличение объемов реконструкции и строительства автомобильных дорог. Выбор направления дороги, конструкция отдельных её элементов, объем дорожно-транспортных работ, стоимость асфальтирования, а также общая стоимость строительства новой (реконструируемой) автомобильной дороги в значительной степени определяется природными и климатическими условиями той местности, где планируется строительство дороги. Дорожно-климатическое районирование является наиболее эффективным методом изучения влияния природно-климатических и природно-географических условий на дорожное строительство, обеспечивающим повышение надежности проектирования и строительства, эксплуатации автомобильных дорог различных категорий.

К природно-климатическим условиям, оказывающим влияние на проектирование, строительство и эксплуатацию автомобильных дорог относятся: температура воздуха, количество осадков, скорость и направление ветра, высота снежного покрова, глубина промерзания грунта, количество дней в году с метелями, оттепелями и гололедом и т.д.

К природно-географическим условиям относят: рельеф местности, растительность, тип почвы, инженерно-геологические условия, грунтовые, гидрологические и гидрологические условия.

Территория Вологодской области расположена в центральной части второй дорожно-климатической зоны, относящаяся к умеренному климату. Времена года выражены, есть весна, лето, осень и зима. Температура может колебаться от +30 °С летом и до –30 °С зимой. Отличительной особенностью II дорожно-климатической зоны является проявление сезонного промерзания грунтов и процессов морозного пучения. Указанное явление имеет повсеместное распространение, чему благоприятствуют такие природные факторы как продолжительность периода промерзания грунта, высокий уровень горизонта грунтовых вод, при достаточно равнинном рельефе местности, высокое содержание в грунтах пылевато-глинистых фракций.

Для равнинного рельефа местности Вологодской области, за редким исключением, земляное полотно автомобильных дорог возводится в насыпи. Известно, что насыпной грунт с нарушением структурных связей имеет более высокую водоудерживающую способность, чем грунт естественного природного строения. Это явление подробно рассмотрено в работах Федотова В.И. [1, 2]

Одним из способов повышения надежности конструкции земляного полотна будет являться достижение параметра, определяющего его устойчивость, а именно – степени уплотнения грунта. Чем тщательнее уплотнено земляное полотно, тем более высокое сопротивление оказывает оно внешним нагрузкам и тем менее изменяются его свойства в переменных условиях увлажнения. Необходимость уплотнения насыпного грунта вызывается его разрыхлением при разработке. В результате разрыхления происходит резкое ухудшение строительных свойств грунта: повышается его сжимаемость под нагрузкой, снижается сопротивление сдвигу, повышается водопроницаемость и влагоемкость. Кроме того, из-за нехватки местных стабильных дорожно-строительных материалов при возведении рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог используются пучинистые грунты.

Степень уплотнения грунта рабочего слоя, определяется величиной коэффициента уплотнения. Согласно СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги» коэффициент уплотнения – отношение

фактической плотности сухого грунта (скелета) в конструкции к максимальной плотности того же сухого грунта, определяемой в лаборатории при испытании методом стандартного уплотнения. [3]

Известно, что на степень уплотнения грунтов земляного полотна влияют следующие аспекты: величина оптимальной влажности, естественная влажность грунта, коэффициент переувлажнения грунта и т.д.

Между тем, благодаря современным техническим средствам можно достичь показателя коэффициента уплотнения в диапазоне 1,0–1,1. [4]

На основе физической теории стабильности грунтов разработаны требования к плотности грунта с учетом комплексного воздействия внешних нагрузок и других факторов. При этом грунты рассматриваются как грубодисперсные коллоидные системы и кристаллические тела. При определении физико-механических свойств грунтов за основу в расчет берут внутреннюю энергию кристаллических частиц и поверхностную энергию, которая образуется на поверхности неорганических частиц вследствие энергетического дисбаланса поверхностного слоя вещества. В целом изменение энергии системы происходит за счет работы, получаемой извне, т.е. для того чтобы грунт деформировался необходимо затратить определенную работу дорожных катков. Указанная система, также может изменять энергию за счет работы против внешних воздействий, таких как, движущиеся автомобили, процессы аггелации и т.д. Для обратимого деформирования грунта необходимо чтобы каждому значению внешней нагрузки соответствовала определенная величина массы (плотности) грунта. [4]

Величину значения коэффициента плотности грунта необходимо учитывать при комплексном проектировании дорожной одежды и земляного полотна. Нормы плотности дифференцированы в зависимости от вида земляного сооружения, дорожно-климатических зон и категории дорог. [4, 5]

На сегодняшний день величина требуемого коэффициента уплотнения вирируется в пределах от 0,95 до 1,0 стандартной плотности для разных условий. Кроме того, предусмотрен минимальный коэффициент уплотнения, указанный в действующих нормах. Можно ожидать, что земляное полотно будет стабиль-

ным и в нем практически будут отсутствовать деформации в случае, если плотность грунта не ниже требуемой. Допустимое отклонение фактического коэффициента уплотнения от требуемого в меньшую сторону не более чем в 10 контрольных проб и не более чем на 0,04 от абсолютной величины требуемого коэффициента уплотнения. В этом случае можно говорить об удовлетворительном качестве работ. Важно отметить, что при строительстве автомобильных дорог I и II категорий запрещается отклонение фактической плотности от требуемой в меньшую сторону. [4]

Не так давно началось исследование возможности повышения требований к плотности грунта. К примеру, если грунт уплотнить до значения 1,05–1,10, увеличится его расчетный модуль почти в 1,5–2 раза по сравнению с грунтом, коэффициент уплотнения которого будет равен 1,0; как следствие общая толщина дорожной одежды может уменьшиться на 30–40 %. Поскольку стоимость дорожной одежды составляет 50–70 общей стоимости строительства автомобильной дороги, а затраты на уплотнение 1,5–2,5, то очевидна, явная финансовая рациональность уплотнения грунта выше той плотности, которая указана в действующих нормах. Для достижения таких показателей необходимо увеличить работу дорожных катков тяжелого типа: примерно в 3–5 раз при уплотнении связных грунтов до достижения значения коэффициента уплотнения 1,05 и в 5–8 раз при уплотнении грунта до достижения значения коэффициента уплотнения 1,10. Кроме того, не все дорожные катки по своим техническим характеристикам, прежде всего по величине давления на контакте «уплотняющий рабочий орган машины – грунт» (рис. 1), могут обеспечить уплотнение грунта до необходимой плотности и плотности выше стандартной (рис. 1 – штрихованные участки). Применение грунтов повышенной плотности возможно только при сохранении достигнутой плотности грунта в процессе эксплуатации дороги. Разуплотнение грунтов и деформация дорожной одежды возможна в результате процессов увлажнения-высыхания, набухания-усадки, замерзания-оттаивания. [4]

В настоящее время имеется много информации об исследовании процессов водно-теплового режима земляного полотна. Итоги исследования сводятся к одному: уплотнение, не препятствует агрессивному воздействию погодно-климатических факторов:

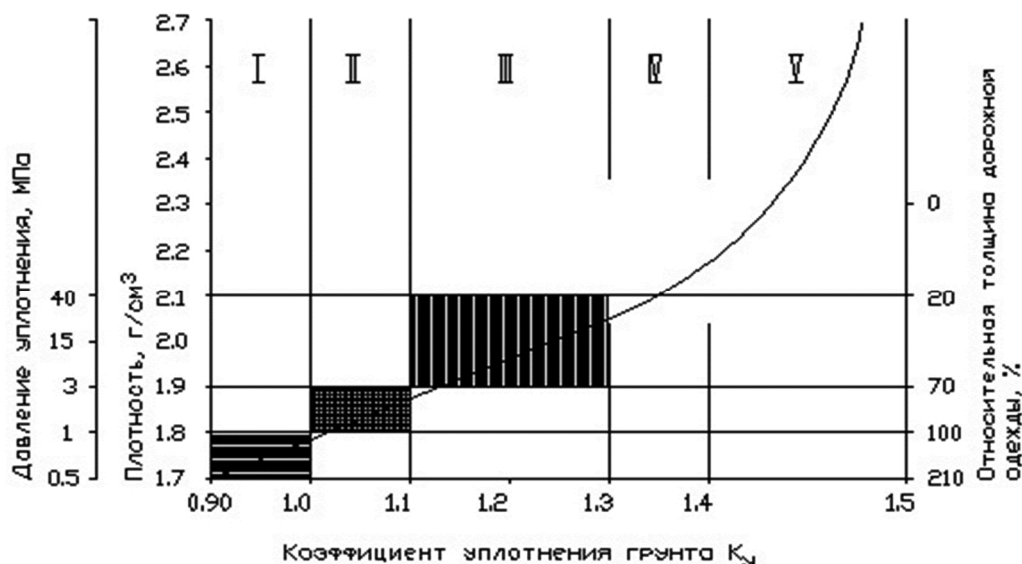


Рисунок 1 – Зависимость степени уплотнения грунта от требуемого давления на грунт при уплотнении рабочим органом машины и требуемой толщины дорожной одежды

промерзания-оттаивания, увлажнения-высушивания, которые изменяют первоначальную структуру уплотненного грунта. Важно, что уплотнение не воздействует на природу грунта и не ликвидирует полностью его реакцию на указанные факторы. Так, невозможно уплотнением полностью подавить морозное пучение грунта, его способность изменять влажность под влиянием источников увлажнения и испарения и т.д. В связи с этим можно говорить об улучшении определенных свойств. Это обстоятельство приводит к постепенному изменению полученного при уплотнении уровня физико-механических свойств грунта. Они происходят, прежде всего, через изменение плотности и влажности грунта в годовом цикле и из года в год (рис. 2). [6, 7, 8]

Для II дорожно-климатической зоны, к которой относится Вологодская область, установлен четко выраженный годовой цикл изменения влажности в верхнем слое земляного полотна [9, 10]. По профессору Тулаеву А.Я. в нем можно выделить четыре характерные стадии, соответствующие временам года:

1. Осенняя стадия начального накопления влаги.
2. Зимняя стадия интенсивного накопления влаги при промерзании пучинистого грунта земляного полотна.
3. Весенняя стадия максимального влагонасыщения при оттаивании грунта.
4. Летняя стадия, характеризующаяся просыханием и уменьшением влажности.

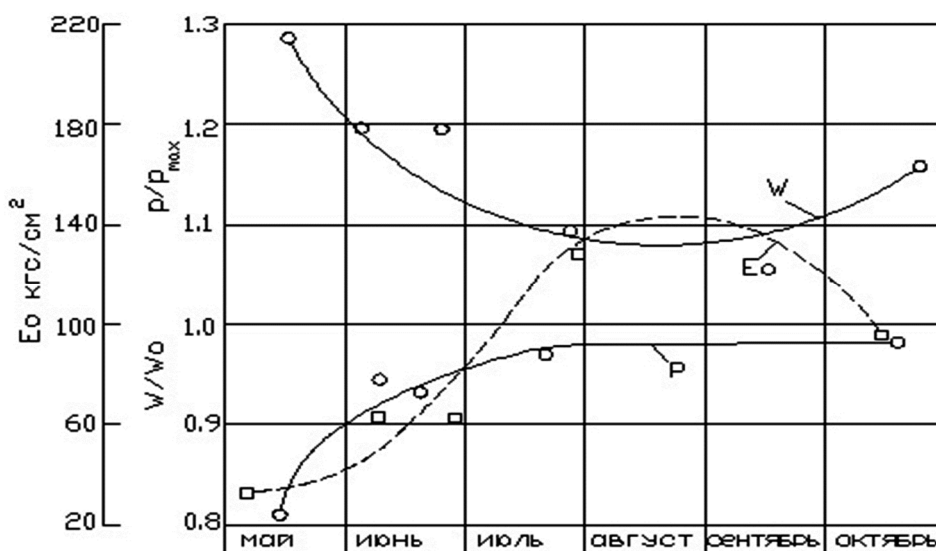


Рисунок 2 – Изменение влажности (W), плотности и модуля деформации (Eo) грунта в течение года

Применение специальных мероприятий может явиться эффективным средством обеспечения стабильности свойств уплотненного грунта, а в определенных случаях компенсировать недостаточное уплотнение (например, при использовании грунтов с повышенной влажностью). [5, 6, 11]

К таким мероприятиям можно отнести:

- применение рулонных синтетических материалов для создания армирующих, дренирующих и защитных прослоек в активной зоне земляного полотна, нижних конструктивных слоях дорожных одежд, на обочинах, в основании насыпей и на откосах, в дренажных устройствах строящихся или ремонтируемых автомобильных дорог общей сети, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, временных автомобильных дорог, подъездных путей;
- отвод воды с обочин и их укрепление;
- устройство верхней части земляного полотна из непучинистых или слабопучинистых грунтов;
- устройство морозозащитных слоев, в том числе из некондиционных песков (песчаных грунтов);
- устройство теплоизоляционных слоев, дренирующих слоев и дренажей мелкого заложения, дренажей для понижения уровня грунтовых вод, армирующих, дренирующих, капиллярорезывающих и гидроизолирующих прослоек;
- улучшение зернового состава грунтов и обработку их вяжущим.

Вывод: поскольку в Вологодской области естественные грунты ненарушенного строения, входящие в состав рабочего слоя земляного полотна чаще всего относятся к пучинистым грунтам, то вопросы связанные с изучением необходимой плотности грунта рабочего слоя земляного полотна для повышения надежности и экономичности дорожных сооружений, а также сохранения плотности являются актуальным в настоящее время и требуют дальнейшего изучения и совершенствования.

Список литературы

1. Федоров В.И. Процессы влагонакопления и морозность грунтов в строительстве. – Владивосток : Изд. «Дальпресс», 1993. – С. 178.
2. Федоров В.И. Активная защита сооружений и фундаментов в обводняющихся пучиноопасных грунтах. – Владивосток : Изд. «Дальпресс», 1995. – 156 с.
3. СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги»: Министерство строительства и ЖКХ РФ, 2021. – 94 с.
4. Труды Союздорнии. – М. : Союздорнии, 1980. – С. 114.
5. ОДН 218.046-01. «Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд». – Минтранс России, 2001. – 148 с.
6. Рувинский В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна (на основе регулирования водно-теплового режима). Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1992. – С. 62.
7. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М. : Транспорт, 1971. – С. 67.
8. Васильев Ю.М. Основы энергетической теории стабильности грунтов и применение ее в практике строительства автомобильных дорог : Научный доклад, обобщающий цикл опубликованных работ на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – М., МАДИ, 1990. – С. 24.
9. Бабкоф В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. – М. : Высшая школа, 1976. – 328 с.
10. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сидоренко. – М. : Транспорт, 1971. – С. 416.
11. Кузахметова Э.К. Основы прогноза осадки высоких насыпей при использовании глинистых грунтов с влажностью выше оптимальной : Автореф. дис. ... д-ра техн. наук – М., 1997. – С. 17.

СЕЗОННЫЙ ФАКТОР В ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ЗА ИХ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ

Воронков О.Н., Кравченко А.Е.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия

Аннотация. В работе анализируется сезонный фактор, как интегративная совокупность природно-климатических и транспортно-эксплуатационных воздействий на мостовые сооружения. Приводится авторская математическая модель оценки экономической эффективности эксплуатации мостовых сооружений за их жизненный цикл с учетом влияния сезонного фактора.

Стадия эксплуатации мостовых сооружений, как правило, является наиболее продолжительной во времени за жизненный цикл объекта транспортной инфраструктуры, по сравнению со стадиями проектирования и строительства. Под жизненным циклом эксплуатации мостовых сооружений предлагается понимать промежуток времени, в течение которого выполняется совокупность процессов от момента проектирования, включая строительство, содержание, ремонт, реконструкцию, до демонтажа [1], и обеспечивается нормативный уровень транспортно-эксплуатационных характеристик (рис. 1).

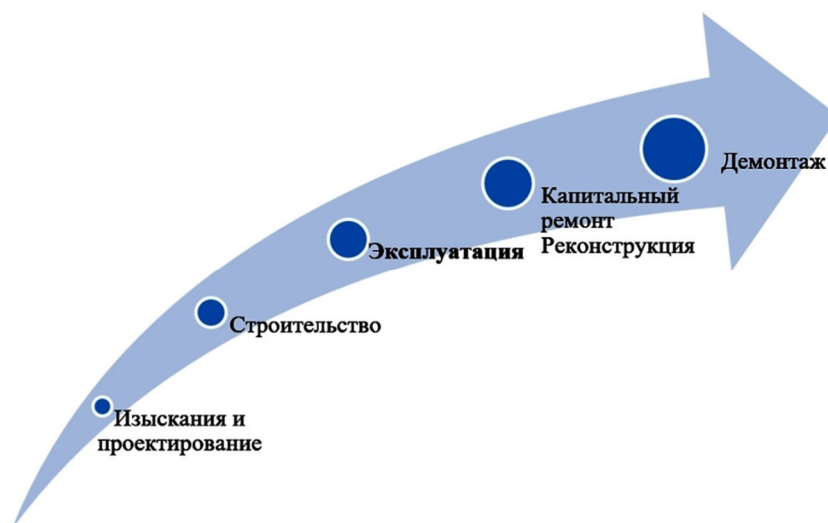


Рисунок 1 – Стадии жизненного цикла мостового сооружения

В процессе эксплуатации мостовые сооружения подвергаются воздействию различных факторов, снижающих их потребительские и свойства и влияющих на надежную и безопасную эксплуатацию. К таким факторам относятся: воздействия внешней природной среды (паводки, ледоход, карчеход, атмосферные осадки, перепады температуры, смерчи, ураганы и др.); превышение нормативных значений постоянной и временной нагрузки вследствие изменения состава транспортного потока и интенсивности движения; техногенные воздействия (навал мусора, ДТП, аварии, экологические катастрофы и т.д.) и др. [2]. Многолетний опыт эксплуатации мостовых сооружений показал, что указанные факторы могут снижать долговечность конструкций некоторых типов до 15–25 лет [3]. Неудовлетворительное техническое состояние сооружений влечет за собой угрозу нормальному и безопасному функционированию всей дорожной сети региона.

Для поддержания необходимого уровня транспортно-эксплуатационного состояния мостов выполняется некоторый утвержденный комплекс работ по их содержанию, обеспечивающий безопасную и безаварийную работу в течение всего жизненного цикла.

Анализ существующих нормативных и научных источников [4–9] показал, что вопросу, связанному с транспортно-эксплуатационным содержанием мостовых сооружений дано неполное обоснование. Дело в том, что нормативные документы, регламентирующие выполнение работ по содержанию и ремонту, не учитывают, что тот или иной влияющий фактор может изменяться по сезонам года и в течение всего жизненного цикла мостовых сооружений. Кроме того, нормы и стандарты актуальны только на период их действия, а срок эксплуатации транспортных сооружений составляет несколько десятков лет: в течение этого периода документация может как пересматриваться, так и оставаться неизменной. Следствием этого вытекает явное несовершенство нормативной базы. Это обстоятельство сказывается на эффективности организации работ мостовых эксплуатационных служб по содержанию и ремонту мостовых сооружений и оптимизации финансирования таких работ.

Все внешние факторы, действующие на мостовые сооружения, предлагается разделить на две группы: природно-

климатические (естественные) и транспортно-эксплуатационные (искусственные). Эти группы образуют интегративную совокупность (структуру) природно-климатических (естественных) и транспортно-эксплуатационных (искусственных) воздействий на мостовые сооружения и влияют на их эксплуатационную надежность и безопасность за жизненный цикл:

$$SF = \{PK, TE\}, \quad (1)$$

где SF – сезонный фактор; PK – природно-климатический показатель; TE – транспортно-эксплуатационный показатель.

Таким образом, в настоящей статье под сезонным фактором авторами понимается совокупность природно-климатических и транспортно-эксплуатационных показателей, изменяющихся в течение года и влияющих на снижение надежности и безопасной эксплуатации мостовых сооружений. Сезонный фактор рассматривается как система влияния на надежность мостовых сооружений за их жизненный цикл [1].

Система «сезонный фактор» позволяет учитывать вероятность возникновения и степень влияния того или иного показателя (природно-климатического или транспортно-эксплуатационного) на надежность сооружения за жизненный цикл по сезонам года.

В связи с этим, для оценки эффективности работ по содержанию мостовых сооружений за их жизненный цикл предлагается математическая модель экономической оценки с учетом влияния сезонного фактора [10, 11]:

$$EF = \sum_{t=1}^T \left[\frac{P_{Zt} * (\Delta C_{r.Z} - \Delta C_{m.Z})}{(1+R_Z)^{\frac{1}{4}}} + \frac{P_{Vt} * (\Delta C_{r.V} - \Delta C_{m.V})}{(1+R_V)^{\frac{1}{4}}} + \frac{P_{Lt} * (\Delta C_{r.L} - \Delta C_{m.L})}{(1+R_L)^{\frac{1}{4}}} + \frac{P_{Ot} * (\Delta C_{r.O} - \Delta C_{m.O})}{(1+R_O)^{\frac{1}{4}}} \right] - \frac{K_t}{(1+E_{НП})^t} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где EF – экономическая эффективность эксплуатации мостового сооружения; T – расчетный срок эксплуатации мостового сооружения в течение его жизненного цикла; K_t – капитальные вложения в строительство (реконструкцию) мостового сооружения; $E_{НП}$ – норма дисконта капитальных вложений; P_{Zt} , P_{Vt} , P_{Lt} , P_{Ot} – вероятность возникновения неблагоприятных факторов за зимний, весенний, летний и осенний сезоны соответственно на расчетный год t ; $\Delta C_{r.Z}$, $\Delta C_{r.V}$, $\Delta C_{r.L}$, $\Delta C_{r.O}$ – ликвидируемые потери в народном хозяйстве в ре-

зультате работ по эксплуатационному содержанию мостовых сооружений за зимний, весенний, летний и осенний сезоны соответственно, приходящиеся на один рассматриваемый год t .

Экономической оценке подлежат следующие слагаемые ликвидируемых потерь [12]:

- снижение затрат времени на проезд транспортных средств;
- сокращение потерь времени пребывания в пути пассажиров;
- сокращение капиталовложений в автомобильный транспорт в связи с повышением его производительности;
- сокращение затрат в результате улучшения условий дорожного движения;
- сокращение потерь от дорожно-транспортных происшествий;
- снижение затрат времени простоя транспортных средств на участках с низкой пропускной способностью;
- сокращение потребности предприятий в оборотных средствах;
- потери, связанные с ухудшением экологической обстановки;
- социально-экономические потери в сфере здравоохранения, сельского хозяйства, жилищно-коммунального обслуживания населения, торговли и др.
- иные виды ликвидируемых потерь, по которым возможна стоимостная оценка;

$\Delta C_{m.Z}$, $\Delta C_{m.V}$, $\Delta C_{m.L}$, $\Delta C_{m.O}$ – затраты на работы по содержанию мостовых сооружений за зимний, весенний, летний и осенний сезоны соответственно за рассматриваемый год t .

К слагаемым затрат относят [12]:

- затраты на работы по содержанию мостового сооружения в соответствии с действующими нормативами;
- затраты, связанные с организацией движения транспортных средств в связи с возможным частичным или полным закрытием движения;
- затраты на ликвидацию воздействий случайных факторов (стихийные бедствия, рост осевых нагрузок транспортных средств и др.);

– иные затраты, по которым возможна стоимостная оценка.

R_Z, R_V, R_L, R_O – коэффициенты эксплуатационного риска, учитывающие степень снижения надежности мостового сооружения за расчетный год t в течение зимнего, весеннего, летнего и осеннего сезона соответственно.

Коэффициенты риска R_i можно определить, следующим образом:

$$R_i = \sqrt[4]{r_t^{N1} * r_t^{N2} * r_t^{N3} * r_t^{N4}}, \quad (3)$$

где r_t^{Nn} – показатель уровня надежности, определяемый как

$$r_t^{Nn} = \frac{r_{мек.t}^{Nn}}{r_{np.}^{Nn}}, \quad (4)$$

где $r_{мек.t}^{Nn}$ – показатель текущей надежности сооружения для каждой транспортно-эксплуатационной характеристики за расчетный период t : безопасность ($r_{мек.t}^B$), грузоподъемность ($r_{мек.t}^Г$), долговечность ($r_{мек.t}^Д$), ремонтпригодность ($r_{мек.t}^P$). Определяются по результатам мониторинга и работ по содержанию мостовых сооружений в течение жизненного цикла по сезонам года; $r_{np.}^{Nn}$ – показатель проектной надежности, закладываемый на этапе проектирования мостового сооружения как запас по каждой транспортно-эксплуатационной характеристике: безопасность ($r_{np.}^B$), грузоподъемность ($r_{np.}^Г$), долговечность ($r_{np.}^Д$), ремонтпригодность ($r_{np.}^P$).

Таким образом, необходимость дальнейших исследований в вопросе учета влияния сезонного фактора на транспортно-эксплуатационные характеристики мостовых сооружений при оценке экономической эффективности является актуальной задачей, которая позволит оптимизировать процессы планирования, финансирования и организации работ по содержанию и ремонту за жизненный цикл объекта транспортной инфраструктуры. Разработанная авторами математическая модель позволяет оценить вероятность возникновения и степень влияния сезонного фактора на надежность и безопасность мостовых сооружений за их жизненный цикл.

Список литературы

1. Методика проведения мониторинга технического состояния конструкций на различных стадиях жизненного цикла мостового сооружения / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – М. : Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве, 2019. – 87 с.

2. Воронков О.Н., Кравченко А.Е. Оценка влияния сезонного фактора на транспортно-эксплуатационные характеристики мостовых сооружений за их жизненный цикл // 72-я Международная студенческая научно-практическая конференция, 18–23 апреля 2022 г., [Электронный ресурс] : материалы / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2022. – Режим доступа: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

3. Као Ван Лам. Факторы, влияющие на долговечность автотолорожных железобетонных мостов // Наука и современность. – 2011. – С. 47–51.

4. ОДМ 218.11.004-2020 Методические рекомендации по порядку проведения оценки уровня содержания автомобильных дорог общего пользования федерального значения (для опытного применения) / Федеральное дорожное агентство «Росавтодор», 2020.

5. ОДМ 218.4.031-2016 Рекомендации по организации и проведению ведомственного контроля (мониторинга) качества при выполнении дорожных работ на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения / Федеральное дорожное агентство «Росавтодор», 2016.

6. ОДМ 218.3.014-2011 Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах / Федеральное дорожное агентство «Росавтодор». – М. : ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2013. – 84 с.

7. Методические рекомендации по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах / Российское дорожное агентство «Росавтодор». – М. : Инфрмавтодор, 1999. – 88 с.

8. Шестериков В.В. Оценка и прогнозирование состояния мостов на автомобильных дорогах в системе управления их эксплуатацией: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М. : ГП Росдорнии, 2004. – 52 с.

9. ОДН 218.0.017-2003 Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций / Мини-

стерство транспорта РФ. Государственная служба дорожного хозяйства (РОСАВТОДОР). – М. : 2004. – 47 с.

10. Воронков О.Н., Кравченко А.Е. Оценка экономической эффективности эксплуатации мостовых сооружений за их жизненный цикл с учетом влияния сезонного фактора // 72-я Международная студенческая научно-практическая конференция, 18–23 апреля 2022 г., [Электронный ресурс] : материалы / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2022. – Режим доступа: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

11. Кравченко Е.А., Кравченко А.Е. Научные исследования в транспортно-дорожном комплексе : монография. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012. – 200 с.

12. Экономика дорожного хозяйства : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.И. Авраамов [и др.] ; под ред. Е.Н. Гарманова. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 400 с.

ИНТЕГРАТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В СФЕРЕ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Москаленко С.А., Кравченко А.Е.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы применения информационных технологий при подготовке организационно-технологической документации. Предложено рассмотрение процесса подготовки организационно-технологической как системы интегративного взаимодействия управляемых потенциалов. Показана схема подготовки организационно-технологической документации на основе системного подхода, позволяющая инженерам-

проектировщикам в сфере дорожного строительства формировать и совершенствовать свой профессиональный функционал путем использования современных информационных технологий.

Работа с информацией неразрывно связана с использованием современных компьютерных систем и информационных технологий (ИТ), применимость которых в сфере дорожного строительства не исключение, и является особенно значимой на этапах подготовки проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР) по капитальному строительству автомобильных дорог. При этом, уровень квалификации специалистов, как определяющего фактора в области качественной подготовки вышеуказанной документации, должен соответствовать последним достижениям развития компьютерных систем и информационных технологий.

Использование современных компьютерных систем и ИТ позволяет более эффективным образом подойти к решению проектных задач с позиции поиска, сбора, хранения, обработки и передачи необходимой информации заказчику, что, как следствие, повышает качество технических, организационных, технологических, финансовых и других решений при реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог.

В связи с чем, важность изучения и понимания современных компьютерных систем и ИТ вызвана необходимостью повышения знаний, умений и навыков существующих и будущих специалистов сферы дорожного строительства в области качественного проектирования и оформления организационно-технологической документации, в частности проектов организации строительства и проектов производства работ.

Организационно-технологическая документация, включающая в себя ПОС и ППР, является основой для получения разрешения и реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог [1].

Документы, указанные выше, должны точно определять общую продолжительность и промежуточные сроки строительства, распределение капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ (СМР), материально-технические и трудовые ресурсы и источники их покрытия, основные методы выполнения

СМР и другие сведения в соответствии с требованиями действующего законодательства. И кроме того, в ПОС и ППР должны быть включены обоснованные организационно-технологические решения для обеспечения оптимальной технологичности производства и безопасности соответствующих видов работ, а также оценка экономической эффективности капитальных вложений [2].

ПОС включает в себя не только текстовую, но и графическую часть. При этом текстовая часть должна содержать: задание на проектирование; отчеты по инженерным изысканиям; сведения о земельных участках, изымаемых во временное и/или постоянное пользование; сведения о климатических, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях участка строительства; технологическую последовательность выполнения работ и т.д. В графическую часть включаются: календарный план строительства, в том числе и подготовительный период; технологические карты-схемы с последовательностью производства работ [3]. Для ППР предусмотрены также текстовая и графическая части, в состав которых входят: пояснительная записка; календарный график производства работ по объекту; график движения трудовых ресурсов и основных строительных машин по объекту; технологические карты на выполнение отдельных видов работ и др.

В целях оптимизации процесса подготовки организационно-технологической документации ее разработка ведется с использованием современных ИТ на основе системного подхода, что делает такой процесс более эффективным и повышает уровень качества конечного результата.

Системный подход рассматривает объект исследования как систему, состоящую из n элементов, их связей и взаимодействий как единого целого при достижении поставленной цели.

Целью настоящего исследования является формирование системы подготовки и реализации организационно-технологической документации с использованием современных ИТ. Объектом исследования является организационно-технологическая документация для реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог с использованием современных ИТ. Предметом исследования является система подготовки организационно-технологической документации для реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог с использованием современных ИТ.

Основной задачей исследования является использование системного потенциала с применением ИТ в процессе подготовки организационно-технологической документации для реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог.

Процесс подготовки ПОС и ППР предлагается рассматривать как систему интегративного взаимодействия управляемых потенциалов:

$$K = \{O, T, IT, KC, BD\}, \quad (1)$$

где O – организационный потенциал; T – технический потенциал; ИТ – информационно-технологический потенциал; КС – коммуникационно-системный потенциал; БД – базы данных, как информационный корпоративный потенциал.

Таким образом, подготовка организационно-технологической документации для реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог есть результат интегративного взаимодействия перечисленных выше потенциалов (элементов). Графическая интерпретация процесса подготовки ПОС и ППР как системы взаимосвязанных потенциалов (элементов) показана на рисунке 1.

При различных исходных данных и ограничениях (в зависимости от объекта капитального строительства) производится изменение в потенциалах (элементах) системы таким образом, чтобы разработка организационно-технологической документации производилась комплексно и в нормативные сроки, обеспечивая наиболее рациональную и экономически эффективную организацию строительного производства.

Качественно подготовленную организационно-технологическую документацию характеризуют такие показатели, как: количество и уровень квалификации специалистов, обеспеченность программными продуктами, обоснованность технических и организационно-технологических решений, учет фактора предпринимательского риска, а также нормативно-правовые акты.

Предложенная схема рисунка 1 позволяет инженерам-проектировщикам в сфере дорожного строительства формировать и совершенствовать свой профессиональный функционал путем использования современных информационных технологий не только в процессе реализации проектов капитального строительства автомобильных дорог в целом, но и с учетом организационной, технологической и нормативно-технической поддержки по ним в частности.

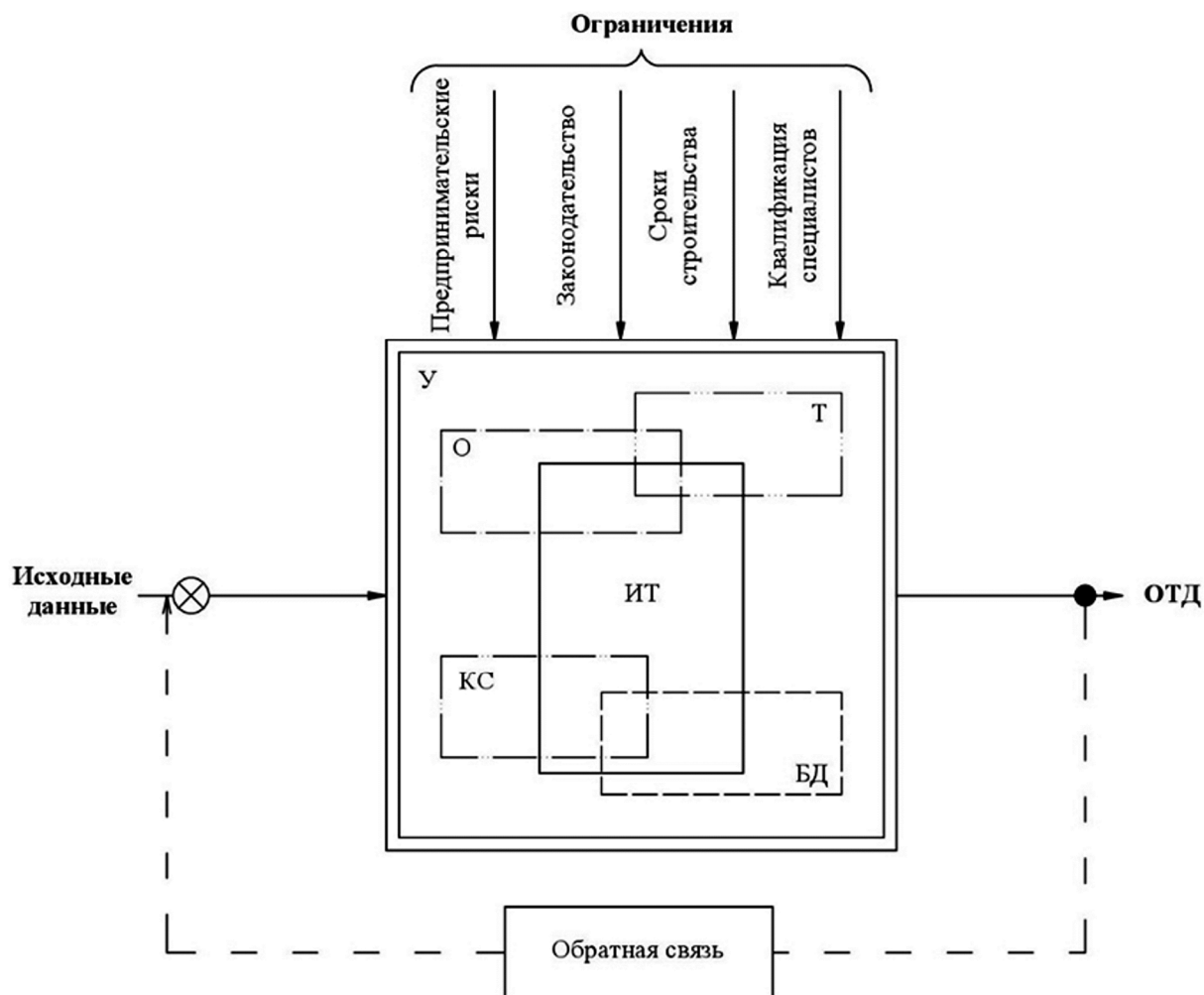


Рисунок 1 – Схема подготовки организационно-технологической документации на основе системного подхода:

О, Т, ИТ, КС, БД – взаимодействующие подсистемы;

У – администрирование;

ОТД – организационно-технологическая документация

Список литературы

1. Рудько А.А., Кужин М.Ф. Организационно-технологическая документация и особенности применения информационных технологий в процессе ее проектирования // Системные технологии. – 2019. – № 32. – С. 14–17.

2. Лим В.Г., Нецадимов В.И., Воеводин И.Г. Модели организации строительного производства в информационно-вычислительной среде // Материалы международной научно-практической конференции «Строительство – 2004», 2004. – Ростов-на-Дону : РГСУ. – С. 148–149.

3. СП 48.13330.2019 «Организация строительства».

МЕТОДИКА СОПОСТАВИТЕЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОЖИДАЕМЫХ СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ПОТРЕБНОСТИ В РЕМОНТАХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Славуцкий М.А.

ФАУ «РОСДОРНИИ», г. Москва, Россия

Аннотация. Оценка ожидаемых межремонтных сроков на стадии проектирования асфальтобетонов имеет особое значение для сравнения вариантов с различной стоимостью. Качество битумного вяжущего отвечает за половину потенциального изменения срока службы и является тем параметром, который имеет наибольшее влияние на срок наступления потребности в ремонте.

1. Целесообразность разработки и реализации рассматриваемой методики.

Вопрос оценки ожидаемых фактических межремонтных сроков на стадии проектирования асфальтобетонов имеет особое значение для сравнения вариантов с различной стоимостью и различными свойствами. При наличии информации об увеличении срока службы более дорогого варианта асфальтобетона, по сравнению с более дешевым, по методике приведения разновременных затрат можно определить, какой из данных вариантов является более целесообразным.

Несмотря на отсутствие в существующей дорожной нормативно-технической литературе подходов, позволяющих в строгом смысле прогнозировать фактические сроки службы асфальтобетонных покрытий, существует возможность выработки методов оценки этого параметра, особенно при применении подхода, взаимно сопоставляющего оценки сроков наступления фактической потребности в последующем ремонте для асфальтобетонов, имеющих различные результаты испытаний основных потребительских свойств на стадии проектирования этих асфальтобетонов. Подобная методика была разработана и апробирована в испытательно-исследовательской лаборатории ФАУ «РОСДОРНИИ» [1].

К недостаткам подобной методики, основанной на результатах испытаний основных потребительских свойств асфальтобетонов, следует отнести ее значительную трудоемкость, связанную с необходимостью изготовления в лаборатории значительного количества различных асфальтобетонных образцов и выполнения ряда достаточно долговременных испытаний этих образцов. Вышеприведенное обстоятельство существенно затрудняет возможность практического применения такой методики на стадии проектирования асфальтобетонов.

Результаты исследований испытательно-исследовательской лаборатории ФАУ «РОСДОРНИИ» [2] показывают, что качество битумного вяжущего отвечает практически за половину потенциального изменения прогнозируемого фактического межремонтного срока службы асфальтобетона и является тем параметром, который имеет наибольшее влияние на срок наступления фактической потребности в ремонте асфальтобетонных слоев. Учитывая, что комплексные современные испытания битумных вяжущих на порядок менее трудоемки и затратны, чем комплексные современные испытания асфальтобетонов, разработка методики сопоставительного прогнозирования ожидаемых сроков наступления фактической потребности в ремонтах асфальтобетонных слоев по результатам испытаний битумных вяжущих позволит включить оценку ожидаемого срока службы в практику выбора битумного вяжущего на стадии проектирования асфальтобетонов. Данное обстоятельство представит дорожникам принципиальную возможность применения более качественных, но и более дорогих битумных вяжущих, а также будет способствовать увеличению фактических межремонтных сроков для асфальтобетонных покрытий.

2. Факторы, влияющие на срок наступления последующего ремонта, и лабораторно определяемые параметры битумного вяжущего, позволяющие провести их сопоставительную оценку.

2.1. Предлагаемый подход к сопоставительной оценке сроков наступления потребностей в последующем ремонте в зависимости от результатов лабораторных измерений параметров, описывающих конкретные потребительские свойства планируемых к использованию при производстве асфальтобетона битумных вяжущих, сводится к поиску соотношения средних геометрических для этих

параметров при условии их взаимной независимости. Таким образом, при n независимых учитываемых параметрах, соотношение сроков наступления фактической потребности в последующем ремонте для двух вариантов применения битумных вяжущих при проектировании асфальтобетона определяется по формуле (1):

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt[n]{\frac{\Phi_{11} * \dots * \Phi_{1n}}{\Phi_{21} * \dots * \Phi_{2n}}}, \quad (1)$$

где T_1, T_2 – оценка сроков наступления фактической потребности в последующем ремонте для 1 и 2 вариантов применения битумных вяжущих при проектировании асфальтобетона; Φ_{1i}, Φ_{2i} – лабораторно определенные значения параметров i для 1 и 2 вариантов применения битумных вяжущих при проектировании асфальтобетона.

2.2. Факторы, влияющие на фактический срок наступления последующего ремонта, и параметры планируемых к использованию при производстве асфальтобетона битумных вяжущих, приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Фактор, влияющий на фактический срок наступления последующего ремонта	Взаимонезависимые параметры битумного вяжущего, позволяющие оценить влияние рассматриваемых факторов	Параметр битумного вяжущего, определяемый лабораторно
1	2	3	4
1	Начальная прочность (жесткость) асфальтобетона	Энергия деформации битумного вяжущего	Суммарная энергия деформации битумного вяжущего на участках 0–20 см, 20–40 см, дж/см ² при температуре +10 °С. Определяется по [3, 4]
2	Усталостная прочность асфальтобетона	Усталостная характеристика битумных вяжущих после процедур старения RTFOT [5] и PAV [6]	Время или количество циклов испытаний по ГОСТ Р 58400.7 [7] при непрерывном линейном изменении заданной осцилляционной сдвиговой деформации, соответствующей появлению максимального значения напряжения сдвига

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
3	Устойчивость асфальтобетона к сдвиговым деформациям и разрушениям в теплое время года	Надежность соответствия фактического верхнего предела PG характеристики битумного вяжущего климатическим условиям и условиям движения теплого времени года	Фактическое значение верхнего предела PG характеристики по ГОСТ Р 58400.10 [8]
4	Устойчивость асфальтобетона к трещинообразованию и выкрашиванию в холодное время года	Надежность соответствия фактического нижнего предела PG характеристики битумного вяжущего климатическим условиям холодного времени года	Фактическое значение нижнего предела PG характеристики по ГОСТ Р 58400.11 [9]

3. Диапазоны изменчивости параметров исследованных в испытательно-исследовательской лаборатории ФАУ «РОСДОРНИИ» в 2020-2021 годах битумных вяжущих, позволяющих оценить влияние качества битумного вяжущего на прогнозируемый фактический межремонтный срок службы асфальтобетона, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование параметра оценки качества	Диапазон изменчивости min-max	Мера влияния параметра на оценку срока наступления потребности в последующем ремонте $\sqrt[4]{\max/\min}$
1	2	3
Суммарная энергия деформации битумного вяжущего на участках 0–20 см и 20–40 см, Дж/см ² , при температуре +10 °С	0,6–2,5	1,43
Время до появления максимального напряжения сдвига при непрерывном линейном увеличении осцилляционной сдвиговой деформации, при +10 °С, сек.	40–140	1,37

Окончание таблицы 2

1	2	3
Надежность соответствия нижнего предела фактической PG характеристики битумного вяжущего климатическим условиям холодного времени года	0,30–0,99	1,35
Надежность соответствия верхнего предела фактической PG характеристики битумного вяжущего климатическим условиям и условиям движения теплого времени года	0,80–0,99	1,05

Соответственно, только за счет качества битумных вяжущих фактические межремонтные сроки асфальтобетонов могут меняться в 2,8 раза при переходе от наиболее низкокачественного (дешевого) битумного вяжущего к наиболее высококачественному (дорогому) битумному вяжущему.

4. Особенности определения усталостных характеристик битумных вяжущих для рассматриваемой методики.

Ранее проведенные испытательно-исследовательской лабораторией ФАУ «РОСДОРНИИ» исследования показали, что усталостная прочность асфальтобетонов, в первую очередь связанная с комплексным качеством битумного вяжущего, является фактором, наиболее влияющим на прогнозируемый срок до возникновения потребности в последующем ремонте асфальтобетонного покрытия. Используемые при проведенных исследованиях методики, основанные на испытании асфальтобетонов, на порядок трудозатратнее и дольше по продолжительности, чем методики, которые использовали бы испытания битумных вяжущих. Вышеприведенные соображения показывают, что существует объективная потребность в определении усталостных характеристик непосредственно битумных вяжущих, без изготовления асфальтобетонных образцов.

В качестве меры усталостной характеристики битумного вяжущего могут быть рассмотрены следующие показатели.

ГОСТ Р 58400.7-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод опреде-

ления усталостной характеристики» содержит итоговый показатель усталостной характеристики битумного вяжущего, который должен определяться не только в зависимости от лабораторно определяемых характеристик вяжущих, но и от ожидаемой при эксплуатации асфальтобетонов деформации вяжущего, зависящей в свою очередь от структуры покрытия. По состоянию на начало 2022 года нормативная документация, определяющая требования к ожидаемой деформации вяжущего, зависящей от структуры покрытия, отсутствует. Кроме того, в рамках рассматриваемой задачи необходимо иметь возможность сравнения между собой битумных вяжущих вне зависимости от структуры покрытия, в котором будет работать асфальтобетон, который в свою очередь будет изготовлен с применением сопоставляемых битумных вяжущих.

Особенностью испытаний по ГОСТ Р 58400.7 является непрерывное линейное изменение заданной осцилляционной сдвиговой деформации от 0 до 30 % в течении 3100 циклов или 310 секунд при проведении испытаний с частотой 10 Гц. Данное обстоятельство позволяет проводить испытание различных битумных вяжущих за одинаковое фиксированное время, но делает неравнозначными заданные сдвиговые деформации по мере прохождения испытания и осложняет сопоставление напряжения сдвига в различные моменты испытаний.

Строго говоря, такое испытание не является испытанием только на усталость битумного вяжущего, а комбинирует усталостное испытание с испытанием до разрушения при увеличении нагрузки.

В рассматриваемом испытании особенный интерес представляет момент, когда квазиупругие деформации битумного вяжущего, проявляющиеся при росте напряжения сдвига при увеличении нагрузки, сменяются остаточными неупругими деформациями, проявляющимися при падении напряжения сдвига при увеличении нагрузки, т.е. момент, соответствующий максимальному значению напряжения сдвига в ходе испытаний.

Поэтому, в качестве одной из мер усталостной характеристики битумного вяжущего предлагается использовать время испытаний, соответствующее определённому максимальному значению напряжения сдвига (shear stress T , Pa).

$$N_{уст\ 1} = t_{(T_{max})}, [сек] \quad (1)$$

где $t_{(T_{max})}$ – время с момента начала испытания, соответствующее появлению максимального значения напряжения сдвига T_{max} .

На рисунке 1 приведен пример схемы определения $N_{уст1}$.

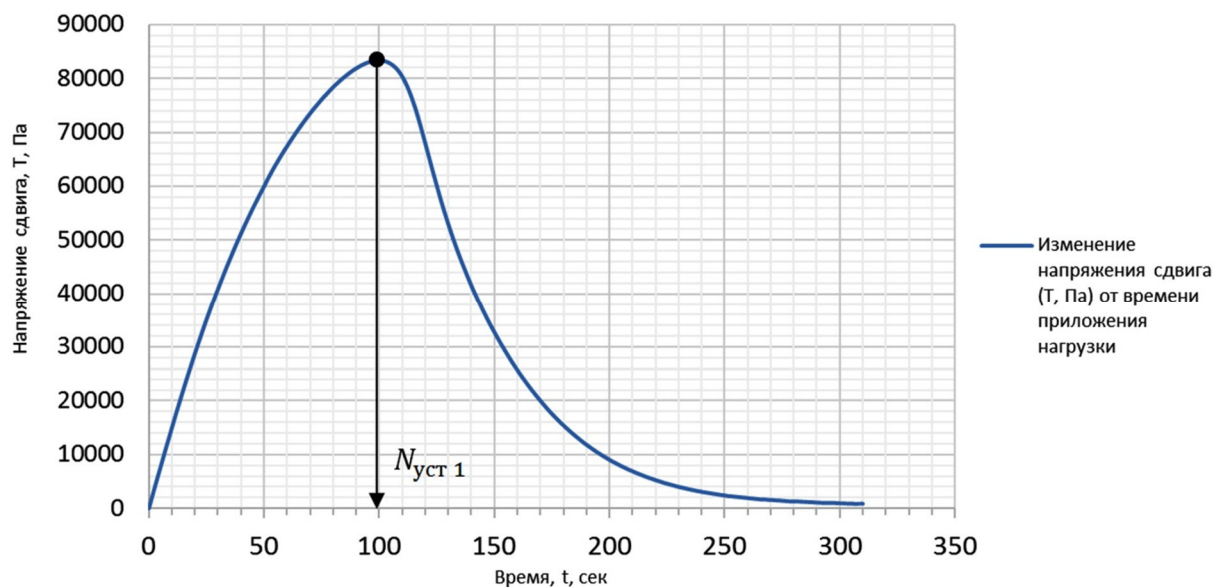


Рисунок 1 – Схема определения $N_{уст1}$

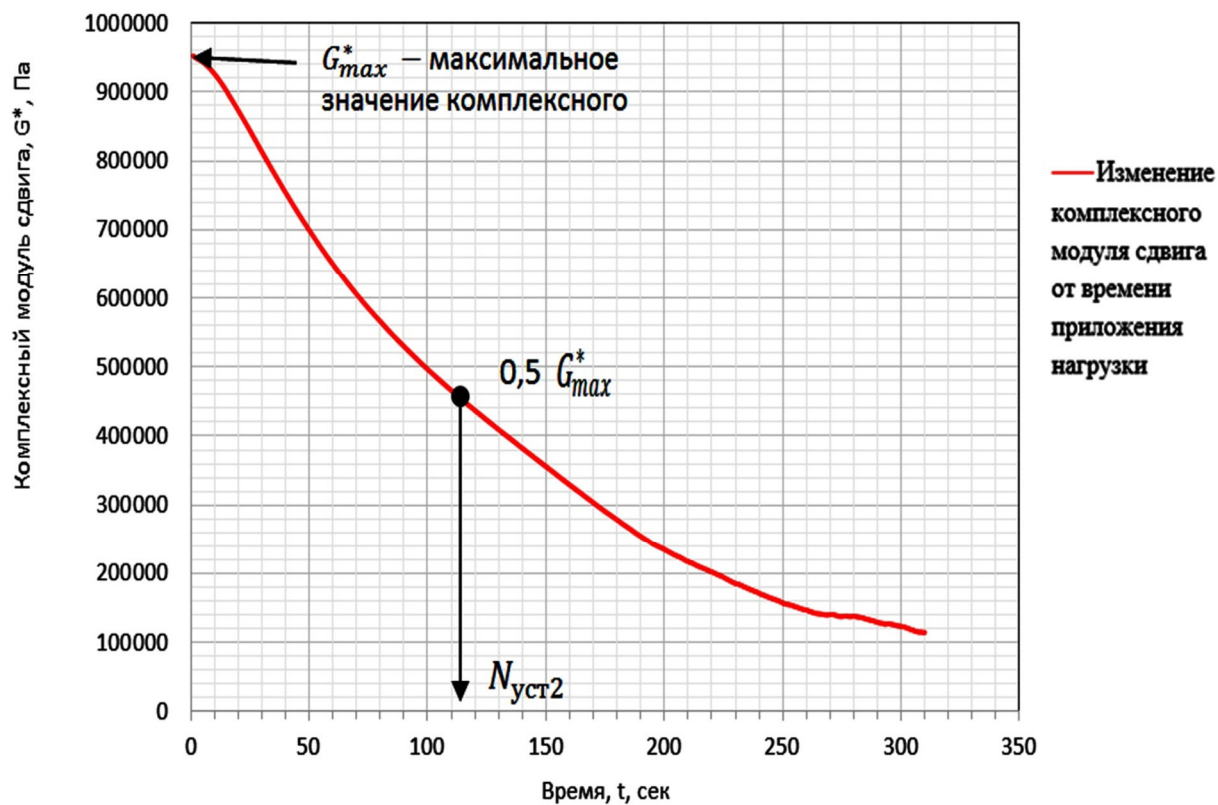


Рисунок 2 – Схема определения $N_{уст2}$

Также в качестве меры усталостной характеристики битумного вяжущего возможно использовать время с начала испытания, соответствующее падению начального максимального комплексного модуля сдвига (complex shear modulus G^* , Па) в два раза.

$$N_{уст 2} = t (G_{max}^* \rightarrow 0,5G_{max}^*), [\text{сек}] \quad (2)$$

где G_{max}^* – максимальный комплексный модуль сдвига во время испытания, МПа

На рисунке 2 приведена схема определения $N_{уст 2}$.

Список литературы

1. Славущий М.А. Оценка срока наступления фактической потребности в ремонте для асфальтобетонных слоев по результатам лабораторных испытаний при проектировании состава асфальтобетона // Сборник «Дороги и мосты» ФДА «РОСДОРНИИ». – Выпуск 42/2. – М., 2019.

2. Славущий М.А. Современные методы испытаний битумных вяжущих и асфальтобетонов в целях сопоставительной оценки прогнозируемых межремонтных сроков на стадии проектирования асфальтобетонов // Журнал «Дорожная держава». – 2021. – № 104.

3. ГОСТ EN 13703-2013. Битумы и битуминозные вяжущие. Определение энергии деформации.

4. ГОСТ EN 13589-2013. Битумы и битуминозные вяжущие. Определение растяжимости.

5. ГОСТ 33140-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT).

6. ГОСТ Р 58400.5-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные Метод старения под действием давления и температуры (PAV).

7. ГОСТ Р 58400.7-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения усталостной характеристики.

8. ГОСТ Р 58400.10-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод

определения свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR).

9. ГОСТ Р 58400.8-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR).

ПОВСЕМИСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Зельцер Г.А.

ООО «НК «СамараНИПИнефть», г. Самара, Россия

Аннотация. В проекте приведены используемые в современном строительстве новых полимерных материалов и конструкций, посчитана разница в стоимости, приведен экономический расчет. Также помимо предложения по замене полимерного материала на металлический произведен расчет бизнес планов для отдельных видов оборудования.

Основным направлением в строительстве в условиях рыночной экономики является эффективное производство, повышение качества, надежности и долговечности возводимых зданий и сооружений.

Строительные технологии постоянно совершенствуются. На смену традиционным материалам приходят новые, обладающие улучшенными эксплуатационными характеристиками. В результате взамен металлическим конструкциям на рынке появляется все больше полимеров

Цели работы:

– Посчитать экономическую эффективность применения различных композитных конструкций при обустройстве месторождений.

– Выполнить экономический расчет по производству полимерных конструкций.

Достоинства полимеров:

- малый вес;
- удобная транспортировка;

- удобство монтажа;
- высокая стойкость к коррозии;
- устойчивость к низким температурам;
- высокая прочность на разрывное усилие;
- неограниченный запас сырья;
- непроводимость электрического тока.

Недостатки стеклопластика:

- низкий модуль упругости;
- низкая термостойкость;
- разрушение под воздействием щелочных реакций.

Полимерные материалы могут широко применяться в промышленности в частности строительная арматура, стеклопластиковые трубопроводы, композитные решетчатые настилы, различные резервуары и емкости, композитные профили, ограждения и даже опоры ЛЭП, с каждым годом выходят все больше нормативных документов (именно ГОСТ и СП) регламентирующие качественное производство. В строительстве автодорог стеклопластиковые материалы также могут иметь широкое применение, так, например, в Канаде и США существует около 400 мостов где так или иначе присутствует стеклопластиковая арматура. Помимо мостов широкое применение во всех странах получили стеклопластиковые ограждения. Стеклопластиковая сетка также применяется в качестве армирующей основы для дорожных плит. Также отдельно стоит выделить повсеместное применение стеклопластиковых ограждений автомобильных и пешеходных дорог.

В ходе выполнения работы выполнены сметные стоимости строительства металлических и стеклопластиковых трубопроводов. За счет возможности монтажа без применения сварочного оборудования, отсутствия необходимости в антикоррозионных покрытиях, за счет меньших затрат спец. Техники и отсутствия работ по электрохимической защите мы получаем экономию.

Выполнены сметные стоимости строительства металлических и стеклопластиковых типовых площадок обслуживания. За счет отсутствия сварки мы получаем экономию на каждую площадку обслуживания узлов пуска-приема. Все стеклопластиковые профили, хорошо обрабатываются – их можно пилить, сверлить, фрезеровать, точить, легко собирать болтовыми, заклепочными и клеевыми соединениями.

Также в прошлом году мною выполнен сметный расчет стоимости строительства фундаментов приустьевой площадки, молниеотвода, радиомачты при замене металлической арматуры на стеклопластиковую. Стоит отметить, что при расчете учтены были только стоимость материалов, и экономический эффект может быть выше, так как в сметных сборниках пока нет расценки на монтаж полимерной арматуры, стоимость работ на монтаж арматуры не изменен.

Основная идея моего проекта заключается в создании обособленного общества в компании, которое будет в себя включать собственные производственные мощности и научно-исследовательскую базу для выпуска современных полимерных конструкций, в дополнительных слайдах приведены бизнес-планы для создания стеклопластиковых труб и емкостей, стеклопластиковых профилей, строительной арматуры и сетки. Срок окупаемости не превышает 3 лет. Все экономические расчеты (бизнес-планы приведены в приложении 1). Предприятие может в себя включать и более обширное количество выпускаемых продуктов, расширяясь и увеличивая прибыль компании.

Предлагаемая схема работы включает в себя:

- Разработку новых инновационных продуктов и технологий (своя научная база).
- Сотрудничество с ведущими проектными, научными, строительными организациями.
- Производство материалов на своем оборудовании.
- Поставка, хранение и сбыт продукции для ОГ.
- Техническое сопровождение с потребителем продукции на всех этапах.

Высокие эксплуатационные свойства композитных материалов позволяют использовать их в различных областях. Материал уверенно конкурирует со сталью, благодаря комплексу положительных качеств. При соблюдении всех норм технологии производства, конструкции можно широко использовать при обустройстве нефтегазовых месторождений, экономя при этом значительные средства.

При выполнении работы, произведен экономический расчет, который показывает, что замена металлических конструкций на полимерную, экономически выгодна, при этом экономия может

вырасти, при подсчете трудозатрат, при этом замена никак не отразится на качестве конструкций и в целом на строительстве объектов.

От внедрения моего проекта компания получит:

1. Новые рабочие места.
2. Огромные денежные потоки останутся внутри компании.
3. Добывающие ОГ смогут получать передовые конструкции, проверенные собственным обществом.
4. Компания увеличит свою рыночную капитализацию.
5. Государственный бюджет получит новые налоговые отчисления.

Список литературы

1. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций.

2. СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования.

3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. – Т. 7: В 2 кн. – Кн. 1: В.И. Иванов, И.Э. Власов. Метод акустической эмиссии. – М. : Машиностроение, 2005. – 829 с.

4. Неразрушающий контроль ПКМ с использованием фазированных решеток / А.С. Бойчук [и др.] // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2013. – № 2. – С. 54–58.

5. Мурашов В. В., Румянцев А.Ф., Бузников Ю.Н. Оценка физико-механических характеристик углепластиков комплексным акустическим методом // Вопросы авиационной науки и техники. Авиационные материалы. Неметаллические композиционные материалы. – М. : ВИМИ, 1986. – С. 105–111.

6. Ермолов И.Н., Ермолов М.И. Ультразвуковой контроль. Учебник для специалистов первого и второго уровня квалификации. Издание пятое, стереотипное. – М., 2006 – 208 с.

7. Поляков В.В., Головин А.В. Упругие характеристики пористых материалов // ПМТФ. – 1993. – Т. 34. – № 5. – С. 32–35.

ВОПРОСЫ ПЕРЕУСТРОЙСТВА СЪЕЗДОВ РАЗВЯЗОК С ПОЗИЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Матигорова О.С.

Научный руководитель – **Андронов Р.В.**

Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень, Россия

***Аннотация.** Автомобильные дороги РФ являются одними из значимых элементов производственной и социальной инфраструктуры страны.*

В связи с прогрессивным увеличением автомобилизации страны, растет количество проблем для населения, таких как: увеличение времени на проезд сотрудников на работу и доставка грузов, нехватка парковочных мест, замедление средней скорости движения на автомагистралях, загрязнение окружающей среды, так как количественные и качественные показатели улично-дорожной сети (УДС) крупных и крупнейших городов не успевают за ростом парка транспортных средств. Существующие проблемы должны решаться поэтапно и системно, в конечном итоге все решения должны приводить к реализации концепции «города, удобного для жизни» [1].

Существенный рост интенсивности движения и увеличение объемов грузовых и пассажирских перевозок все больше указывает на необходимость предоставления огромного количества ресурсов для обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах.

Главное качество автомобильных дорог – это безопасность дорожного движения – состояние процесса дорожного движения, отражающее степень защищённости его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий. Для поддержания нормативных скоростей сообщения при высоком транспортном спросе возникает необходимость в проектировании и строительстве развязок в разных уровнях. При этом необходимо не в последнюю очередь учитывать вопросы безопасности дорожного движения.

Данными вопросами занимается сравнительно молодое направление – Аудит безопасности дорожного движения. Концеп-

ция аудита заключается в снижении аварийности и ее тяжести за счет мероприятий и их сочетания по данным визуальных, камеральных и инструментальных обследований на основе максимальной терпимости к человеческим ошибкам. Т.е. создания таких условий для работы водителя на дороге, при котором вероятность совершения дорожно-транспортного происшествия и его тяжесть была бы минимальной. Причем предел снижения аварийности не фигурирует. За основу берется парадигма т.н. «движения к нулю», т.е. постепенное исключение числа ДТП со смертельным исходом.

В населенных пунктах это может быть достигнуто в первую очередь через снижение разрешенной скорости движения. Например, во многих европейских странах, в первую очередь Скандинавии, скорость движения в центральной части городов снижена до 50 и даже 40 км/ч.

По данным, предоставленным Председателем Правительства РФ [8], на ремонт автодорог в 2021 году был рекордным за всю историю страны. Из этих данных следует, что существует острая необходимость реконструкции всей транспортной сети дорог.

Транспортная развязка – комплекс дорожных сооружений (мостов, туннелей, дорог), предназначенный для минимизации пересечений транспортных потоков и, как следствие, для увеличения пропускной способности дорог. Преимущественно под транспортными развязками понимаются транспортные пересечения в разных уровнях.

Существует достаточное количество классификаций транспортных развязок.

Согласно главной классификации развязки подразделяются на *полные* и *неполные*. Развязка считается полной, если проехать через нее можно в любом возможном направлении, не пересекая другие транспортные потоки (отсутствуют конфликтные точки пересечения). *Неполной* считается развязка, двигаясь через которую либо нельзя совершить какие-либо маневры, либо присутствуют конфликтные точки пересечения (возможно наличие светофоров). По *планировочной схеме* транспортные развязки можно разделить на следующие распространенные группы:

- кольцевые;
- крестообразные;
- клеверообразные.

В практике отечественного проектирования наибольшее распространение получили клеверообразные пересечения автомобильных дорог с непрямыми левыми поворотами

При пересечении по типу клеверного листа в центре устраивают путепровод. Пересекающиеся дороги соединяют между собой съездами – однопутными или двухпутными

Развязки по типу «клеверного листа» получили распространение еще в 30-х годах XX века в США и, в связи с утрачиванием актуальности и безопасности движения для пассажиров, наличием немаловажного, многочисленного количества отрицательных качеств, существует необходимость переустройства развязок данных типов с учетом особенностей условий движения транспортных потоков по сети дорог, особенно с позиции аудита обеспечения безопасности движения.

Недостатками данного вида развязки являются:

- большие площади для размещения объекта;
- низкая безопасность из-за наличия зон переплетения потоков;
- низкая пропускная способность зон переплетения потоков на петлевых съездах;
- сравнительно низкая безопасность петлевых съездов при малых их радиусах.

Объектом исследования является пересечение в разных уровнях типа «клеверный лист» на объездной дороге г. Тюмень и ул. Московский тракт.

Существенным «слабым» местом развязки по типу клеверного листа является наличие зон переплетения потоков между петлевыми левоповоротными съездами с ограниченной пропускной способностью. По данным, предоставленным Яндекс карты (рис. 1) можно увидеть, как в различное время года на левом повороте от Тюменской кольцевой автодороги (ТКАД) в сторону поворота на Московский тракт в направлении города Екатеринбург образуются заторы длиной от 1 до 3 км.

На рисунке 2 приведено реальное фото затора, сделанное с развязки в восточном-юго-восточном направлении. Здесь хорошо различимы несколько потоков транспортных средств с различными скоростями движения, что существенно увеличивает вероятность совершения ДТП при перестроении или опережении.

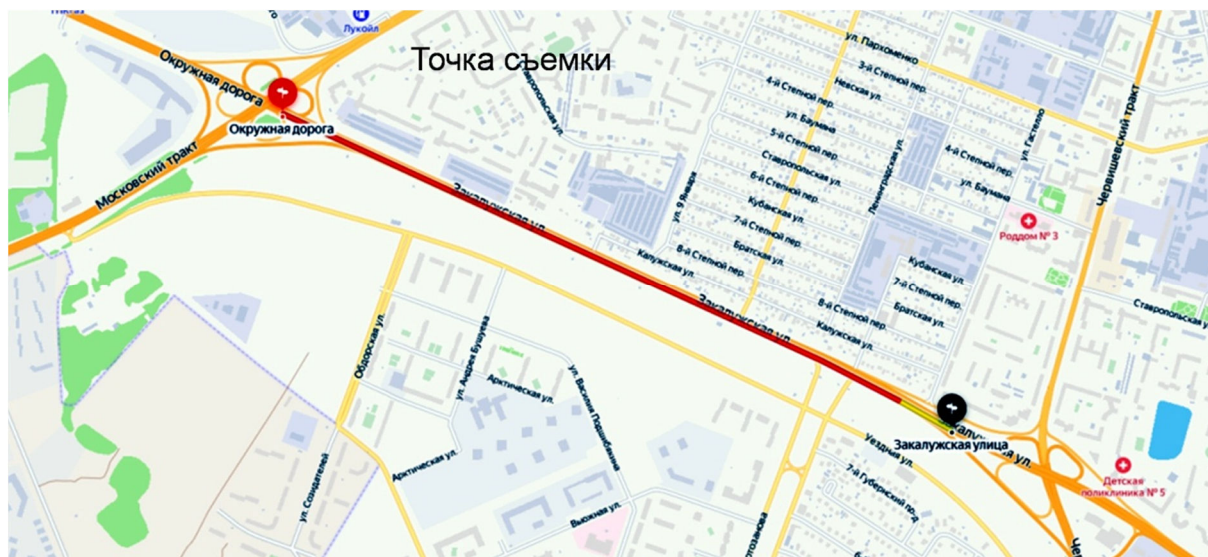


Рисунок 1 – Заторы в направлении города Екатеринбург

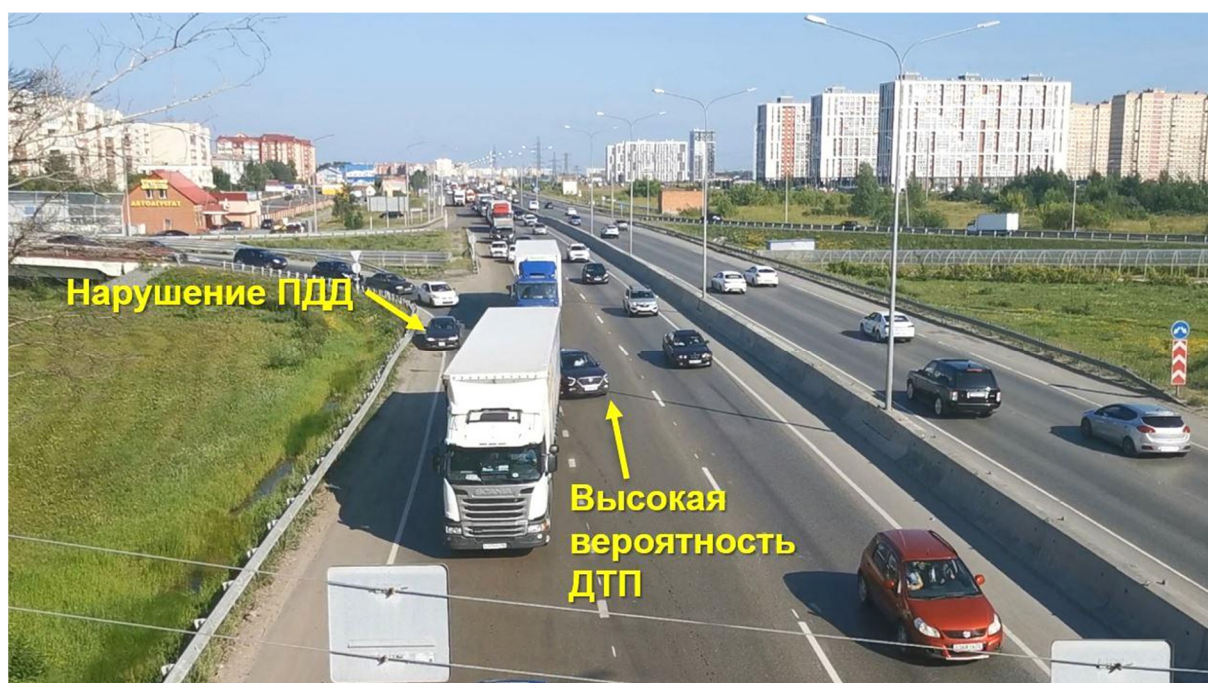


Рисунок 2 – Нарушения правил дорожного движения

Также существенно увеличивает время на проезд петлевых съездов в этом направлении, а также уменьшает безопасность движения наличие пешеходных переходов, которое за последние года стали использовать намного чаще, в связи со сданным в эксплуатацию жилищным комплексом «Колумб».

На рисунке 3 можно увидеть путь пешехода до ближайшей остановки, который имеет несколько переходов.

На рисунке 4 видна ситуация как пешеход переходит дорогу, что естественным образом замедляет поток транспорта, вы-

полняющего левый поворот с МКАД на Московский тракт в сторону Екатеринбурга.



Рисунок 3 – Пешеходные переходы



Рисунок 4 – Ситуация на пешеходном переходе

Из этого можно сделать вывод, что такие пешеходные переходы создают потенциальный очаг аварийности и снижают среднюю скорость потока.

На рассматриваемом объекте был проведен анализ ДТП на данном участке путепровода за период с 2017 по 2020 гг.

Таблица 1 – Количество ДТП с пострадавшими на данном объекте

Год	Всего ДТП	В т.ч.	
		Пострадавших	Погибших
2017	3	3	–
2018	4	5	–
2019	7	12	–
2020	4	5	–
2021	8	10	–

Снижение аварийности в 2020 г. можно объяснить локдаунами и удаленным характером работы сотрудников.

В 2022 году прогнозируется увеличение числа ДТП с пострадавшими и обычных ДТП на развязке в связи со сдачей в эксплуатацию ЖК «Колумб» и кратным увеличением движения пешеходов по развязке

Прогнозируемый рост числа ДТП также связан с ростом транспортной нагрузки на окружную дорогу и Московский тракт (сдача в эксплуатацию новых ЖК).

В связи с перечисленными ухудшениями показателей безопасности движения на данном участке и увеличением длины заторов на поворот в сторону города Екатеринбург и частоты их возникновения, а также в связи с этим ухудшений экологических показателей было решено исследовать переустройство данного типа развязки.

Проблему низкой безопасности петлевых съездов и зон переплетения потоков на их выходе можно решать путем устройства полупрямых и прямых левоповоротных съездов. Устройство одного такого съезда на наиболее загруженном направлении позволяет повысить среднюю скорость движения и в разы повысить безопасность транспортного сооружения.

Устройство выделенных левых поворотов с Ленинградского шоссе на МКАД путем строительства дополнительных эстакад на нескольких уровнях, что способствовало также снижению аварийности.

На данном рисунке 5 представлено реальное фото развязки после реконструкции. Здесь можно исследовать обустройство

развязки в ее окончательном варианте. Построена левоповоротная эстакада из центра на внешнюю сторону МКАД.



Рисунок 5 – Пример модификации клеверной развязки.
Москва МКАД – Ленинградское шоссе

Построена правоповоротная эстакада из центра города на внешнюю сторону кольцевой дороги.

Организованы подъезды к торговым центрам, находящимся в непосредственной близости к развязке.

Кроме развязки выше, сейчас в Москве идет переустройство минимум трех развязок типа «клевер»

На пересечении МКАД с Осташковским шоссе была старая «клеверная» развязка. Транспортные потоки на съездах пересекались – в результате образовывалась пробка на этих магистралях. После реконструкции здесь появится современная развязка с направленными съездами.

Проектом предусмотрено строительство и реконструкция более 5 км дорог.

Еще одна развязка строится на пересечении МКАД и Липецкой улицы в г. Москва (рис. 6).

Текущий план



План реконструкции



Рисунок 6 – Пересечение МКАД и Липецкой улицы в г. Москва

Здесь развязка плохо справляется с большим потоком транспорта, поэтому здесь часто приходится стоять в пробке.

Старые съезды с транспортной развязки уберут. Здесь появятся:

- путепровод через ж/д пути на боковом проезде МКАД;
- путепровод с внутренней стороны МКАД на ул. Липецкая;
- путепровод с внешней стороны МКАД на ул. Липецкая;
- путепровод с трассы М-4 «Дон» на внутреннюю сторону МКАД;
- путепровод с внутренней стороны МКАД на трассу М-4 «Дон» в сторону области;
- путепровод основного хода ул. Липецкая;
- путепровод с ул. Липецкая на внутреннюю сторону МКАД;
- тоннель под трассой М-4 «Дон» с внешней стороны МКАД на ул. Липецкая.

Кроме того, на развязке создадут съезды, установят шумозащитные экраны, появятся переходы.

Из московского опыта давайте перенесемся за океан, в США, где точно такие же клеверные развязки также реконструируют для большей пропускной способности.

На рисунке 7 представлена бывшая клеверная развязка в г. Коламбус, штат Огайо.

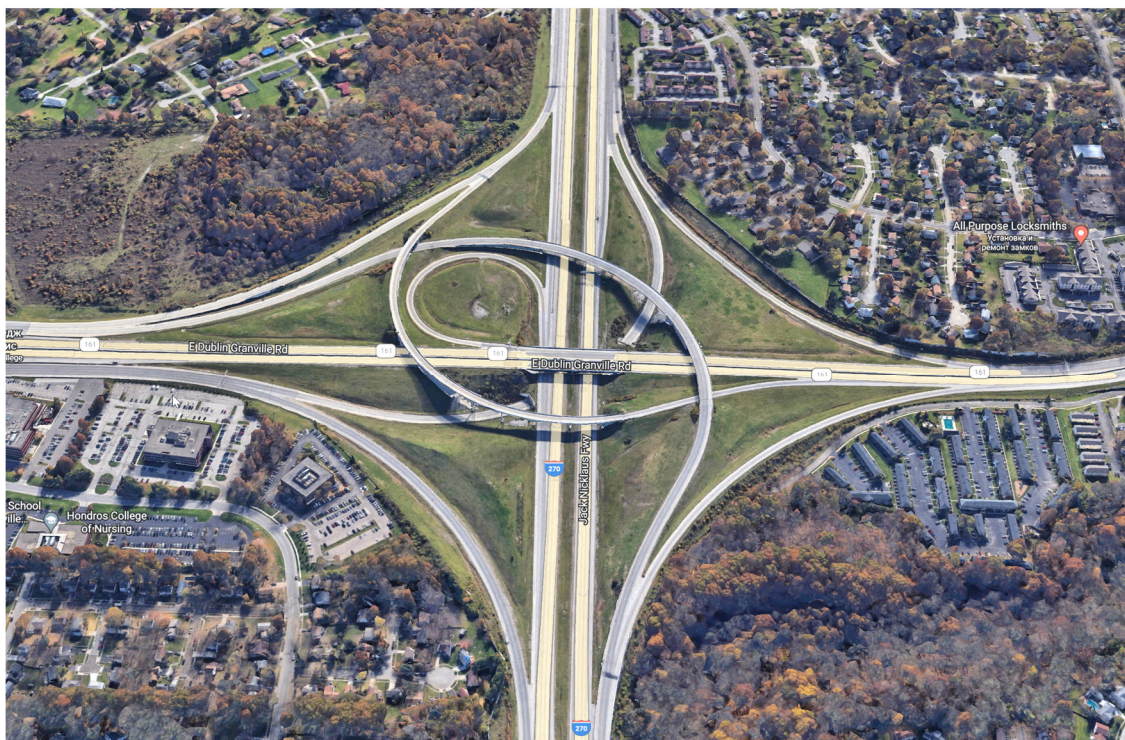


Рисунок 7 – г. Коламбус, Огайо, США Развязка шоссе I-270 и трасса 161

При реконструкции данной развязки было выполнено: устройство выделенных левых поворотов с шоссе Interstate-270 на трассу 161 путем строительства дополнительных эстакад на нескольких уровнях. Устройство выделенного левого поворота с трассы 161 на шоссе I-270 путем строительства тоннеля. Год окончания реконструкции 2007. Стоимость (без отчуждения земель) 134 млн. долларов (8,040 млрд рублей по курсу 60 руб.)

Особенность реконструкции – старые «лепестки» убрали полностью, таким образом полностью устраняется конфликтная зона, однако теряется возможность разворота.

Перенесемся обратно в г. Тюмень и выполним анализ текущей ситуации на развязке ТКАД-Московский тракт.

Предлагаемая модификация объекта исследования. Одно из возможных решений вопроса – устройство выделенного левого поворота с ТКАД на Московский тракт путем сооружения выделенной эстакады (голубой).

Здесь необходимо строительство надземных или подземных пешеходных переходов (зеленый) (рис. 8).

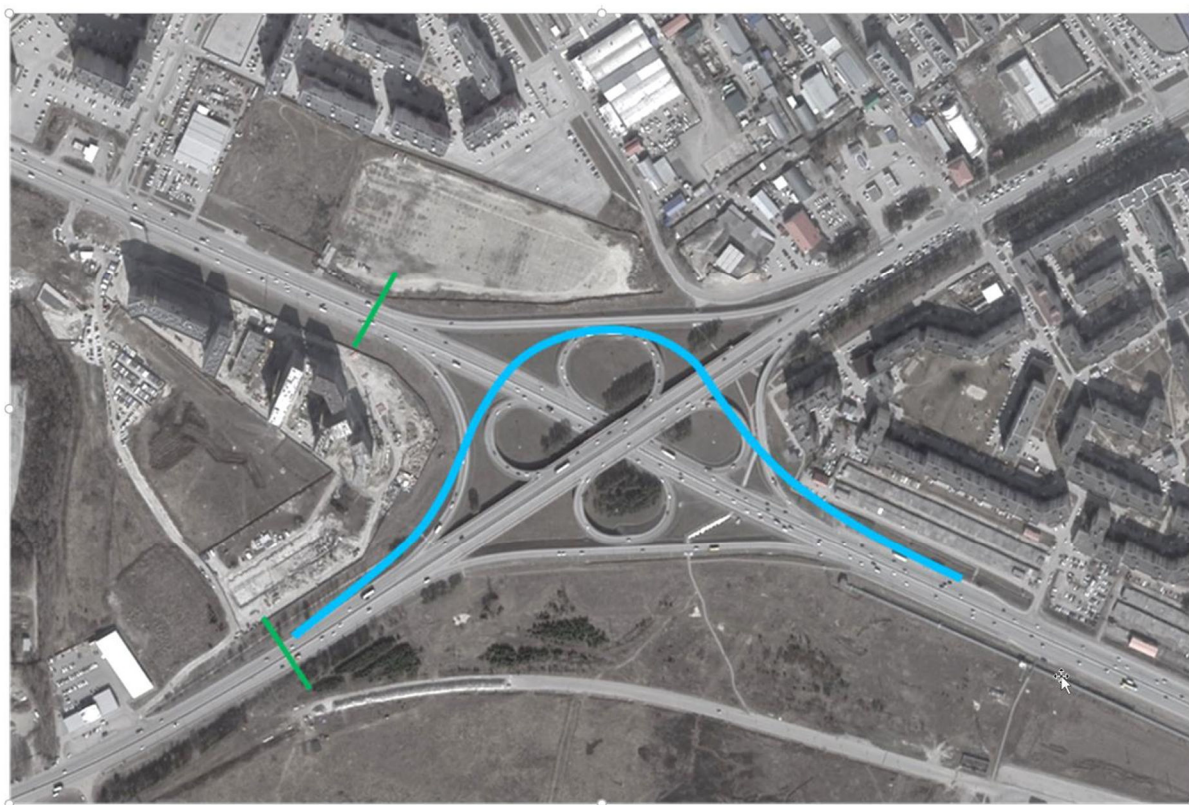


Рисунок 8 – Предлагаемое переустройство – вариант 1

Второй вариант решения текущей ситуации.

Устройство выделенного левого поворота с ТКАД на Московский тракт путем сооружения выделенной эстакады и Удале-

ние одного из «лепестков» позволит разгрузить конфликтные зоны без возможности разворота на развязке

Также это будет способствовать повышению безопасности движения пешеходов.

Также необходимо Сооружение надземных пешеходных переходов от ЖК «Колумб» (рис. 9).

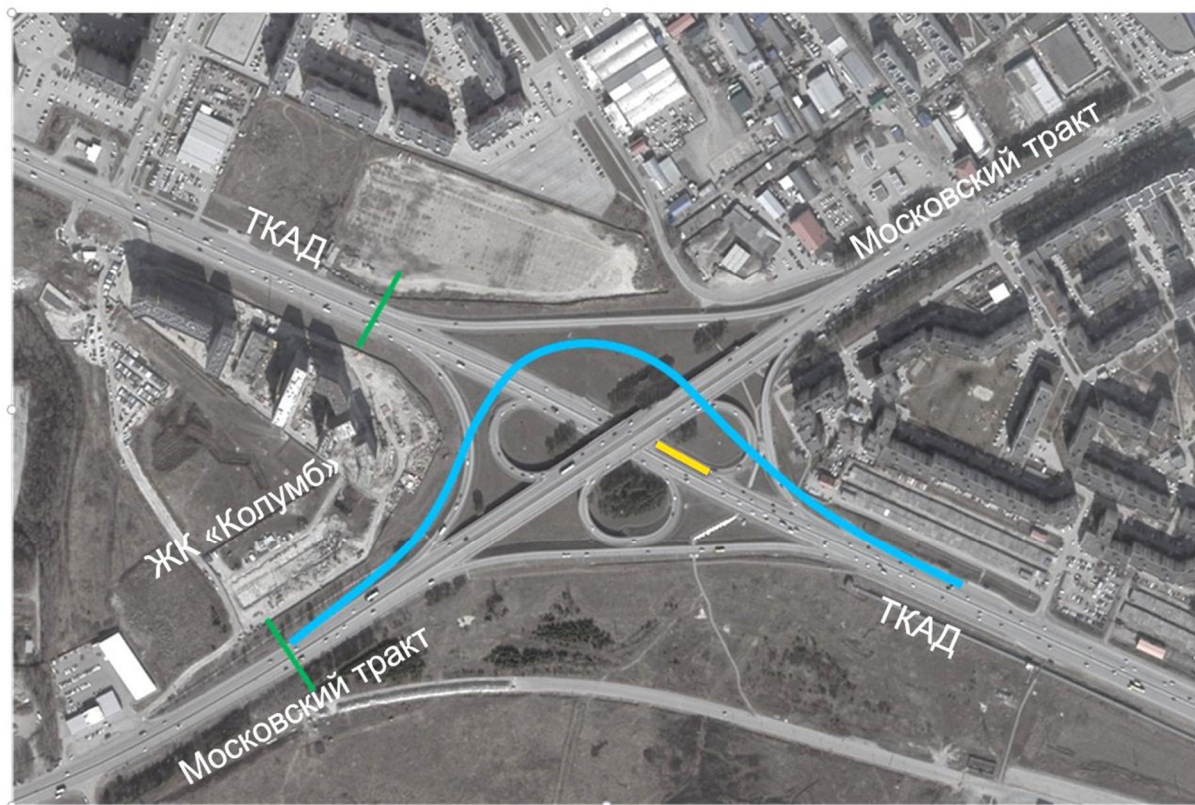


Рисунок 9 – Предлагаемое переустройство – вариант 2

Третий вариант переустройства развязки (рис. 10).

Строительство выделенного левого поворота с ТКАД на Московский тракт путем сооружения выделенной эстакады.

Строительство выделенного левого поворота с ТКАД на Московский тракт путем сооружения выделенной эстакады.

Сооружение надземных пешеходных переходов от ЖК «Колумб».

Удаление двух «лепестков» позволит разгрузить конфликтные зоны без возможности разворота на развязке.

Также это будет способствовать повышению безопасности движения пешеходов.

Как выбрать вариант, который принесет максимум пользы с помощью минимума затрат?

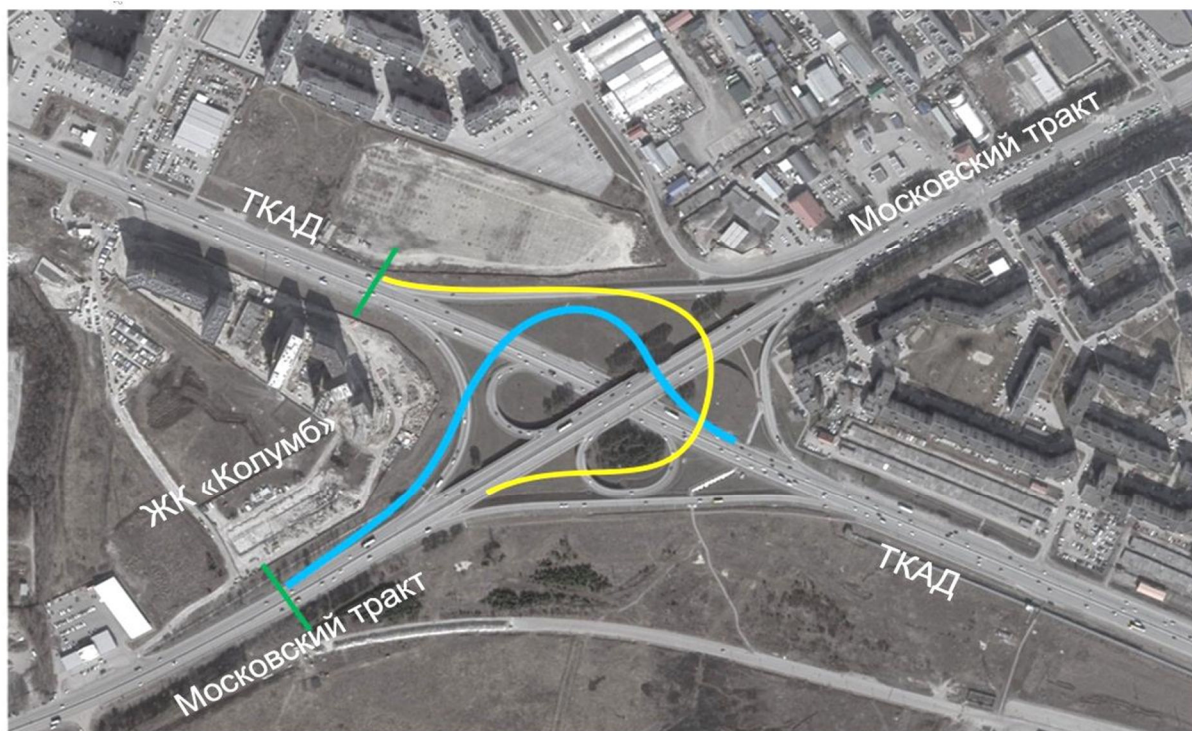


Рисунок 10 – Предлагаемое переустройство – вариант 3

В связи с дополнительными капитальными затратами, возникающими при устройстве такого съезда, необходимо иметь достаточное технико-экономическое обоснование.

Сегодня существует довольно много способов устранения данных проблем: ремонт существующих участков трасс и дорог регионального значения, реконструкция пересечений в разных уровнях, увеличение количества полос движения, проектирование и строительство новых дорог, трансформация организации дорожного движения, установка шумоподавляющих барьеров.

Каждый из перечисленных способов решения комплексных проблем, требует материальных, трудовых, временных, финансовых ресурсов от государства, поэтому выбор предпочтительного варианта необходимо делать на основе расчета суммарных приведенных затрат.

Для минимизации перечисленных ранее затрат при выборе приоритетного способа для устранения сразу нескольких проблем существует имитационное (транспортное) моделирование процессов дорожного движения, достаточно хорошо реализованное в ряде программных комплексов и продуктов. Транспортное моделирование позволяет произвести поиск эффективных и оптимальных решений при проектировании УДС и организации до-

рожного движения, учитывающий все многообразие характеристик транспортного потока, а также влияние внешних и внутренних факторов, что не может быть учтено при применении традиционных методов и инструментов.

PTV VISUM – это программное обеспечение, которое позволяет отображать все виды индивидуального и общественного транспорта в единой модели.

Как все модели, транспортная модель представляет собой абстракцию реального мира. Целью моделирования является системный анализ, прогнозы воздействий и модельная подготовка решений, которые принимаются в реальном мире. VISUM – ведущее во всем мире программное обеспечение для проведения транспортного анализа и прогнозирования, а также управления данными на базе ГИС в сфере транспорта и перевозок. VISUM представляет собой программу транспортного планирования, которая служит для анализа и планирования транспортных систем. При этом транспортная система охватывает транспортное предложение индивидуального и общественного транспорта, а также спрос на транспорт. VISUM поддерживает инженеров-планировщиков при разработке транспортно-технических мероприятий и рассчитывает воздействие этих мероприятий. Возможности использования VISUM VISUM рассчитывает воздействие существующего или спланированного транспортного предложения, которое может включать в себя как дорожную сеть индивидуального транспорта, так и маршрутную сеть с расписанием [9].

С помощью PTV VISSIM возможно осуществлять следующие работы:

- оценку влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекресток, регулируемый перекресток, круговое движение, ж/д переезд, развязка в разных уровнях);
- проектирование, тестирование и оценку влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценку транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автострадах и городских улицах, контроль за направлениями движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части дороги;

- детальную имитацию движения каждого участника движения;
- и т.д.

Выводы

1. Развязки типа «Клеверный лист» являются одними и самых распространённых типов развязок в мире, благодаря своей относительно невысокой стоимости и хорошей пропускной способности.

2. Однако при возрастании транспортной нагрузки (некоторые исследователи приводят цифру более 1000 ТС/час) развязки данного типа не справляются с нагрузкой, в результате в конфликтных точках уменьшается средняя скорость потока и возникают ДТП, которые в свою очередь увеличивают длину заторов.

3. Одним из решений является реконструкция развязок с устройством левоповоротных съездов. В настоящее время только в Москве идет реконструкция как минимум двух развязок типа «клеверный лист».

4. Подобное решение предлагается реализовать в г. Тюмень на развязке ТКАД – Московский тракт

Идет работа по обоснованию проекта путем расчета пропускной способности различных вариантов в ПО РТИ VISSIM.

Список литературы

1. Вукан В. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни. – М. : Территория будущего, 2011. – 413 с.

2. Андронов Р.В. Расчет экономических потерь пользователей улично-дорожной сети на регулируемых пересечениях для обоснования мероприятий по реконструкции и улучшению организации движения // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 38–40.

3. ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М. : Инфрмавтодор, 2012. – 148 с.

4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М. : Транспорт, 1977. – Т. 303. – С. 3.

5. Якимов М.Р., Арепьева А.А. Транспортное планирование: Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография. – М. : Логос, 2016. – 280 с.

6. Бекмагамбетов М.М., Кочетков А.В. Анализ современных программных средств транспортного моделирования // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – № 6. – С. 25–34.

7. Выбор объекта локального исследования в целях повышения эффективности организации дорожного движения в центре крупного города / Е.В. Дрогалева [и др.] // Сб. научных трудов Международной научно-практической конференции «Новые технологии – нефтегазовому региону» / ТИУ. Тюмень, 2016. – С. 172–175.

8. ТАСС от 7 апреля 2022 года «Безопасные качественные дороги». Текст :непосредственный.

9. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов : монография. – М. : Логос, 2013 – 188 с.

Научное издание

**ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Сборник статей

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – И.И. Фоменко
Компьютерная верстка – М.Н. Гусева
Дизайн обложки – О.Я. Фоменко

Подписано в печать 28.03.2023
Бумага «Снегурочка»
Печ. л. 3,13
Усл. печ. л. 2,91
Уч.-изд. л. 2,62

Формат 60×84 ¹/₁₆
Печать трафаретная
Изд. № 1302
Тираж 50 экз.
Заказ № 2436

ООО «Издательский Дом – Юг»
350010, г. Краснодар, ул. Зиповская 9, литер «Г», оф. 41/3
тел. +7(918) 41-50-571

e-mail: id.yug2016@gmail.com

Сайт: <http://id-yug.com>