

УДК 656.062:625.7/.8

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

THE ECONOMIC RATIONALE FOR THE SELECTION OF THE MAIN TECHNICAL PARAMETERS OF ROADS IN THE LOGISTICS SYSTEM OF ROAD FACILITIES

И. М. Царенкова,

доцент кафедры «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов», канд. экон. наук, доцент, УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь

I. Tsarenkova,

Associate Professor of the department "Design, construction and operation of transport facilities", PhD in Economics, Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

Дата поступления в редакцию — 27.03.2018 г.

Развитие логистической системы страны требует адаптации транспортной инфраструктуры логистической системы, в том числе автомобильных дорог, объемам национальной и международной экономики. В статье обоснована необходимость увеличения провозной способности автомобильных дорог, обусловленная ростом объемов перевозимых грузов и пассажиров и актуальностью проблем повышения скоростей движения автомобилей и изменения в связи с этим структурных элементов проезжей части автомобильных дорог. Интеграция интересов транспортной отрасли и дорожного хозяйства учтена в разработанной методике формирования рациональной схемы увеличения провозной способности автомобильной дороги, определяемой экономически обоснованным сочетанием ее основных технических параметров.

The development of the country's logistics system requires the adaptation of the transport infrastructure of the logistics system, including roads, the volume of the national and international economy. The article substantiates the necessity of increasing the carrying capacity of roads due to the increase in the volume of transported goods and passengers and the relevance of the problems of increasing the speed of movement of cars and changes in this regard the structural elements of the roadway. Integration of interests of the transport industry and road infrastructure are taken into account in the developed method of forming a rational scheme of increasing the carrying capacity of roads designated economically viable combination of its basic technical parameters.

Ключевые слова: автомобильные дороги, пропускная способность, провозная способность, скорость движения, эффективность.

Keywords: roads, bandwidth, capacity, speed, efficiency.

Актуальность и постановка проблемы.

Логистическая система дорожного хозяйства формируется и в дальнейшем развивается в соответствии с требованиями экономики в удовлетворении безопасных и бесперебойных перевозок грузов и пассажиров с минимальными затратами времени и ресурсов. Целью логистической системы на макроуровне является обеспечение оптимальных условий для направленного движения транспортных потоков по автомобильным дорогам, организованных в различных отраслях народного хозяйства. Совокупность движущихся по заданному маршруту, проходящему

по направлению автомобильной дороги (сети дорог) транспортных средств, управляемых водителями и координируемых логистическими операторами, формирует логистический транспортный поток.

В составе транспортного комплекса Республики Беларусь лидирующие позиции по объему перевозок грузов делят между собой автомобильный и железнодорожный транспорт. В общем объеме перевозок грузов по итогам 2017 г. на долю грузового автотранспорта приходится 37,93 %, железнодорожного — 33,29 % (рис. 1).

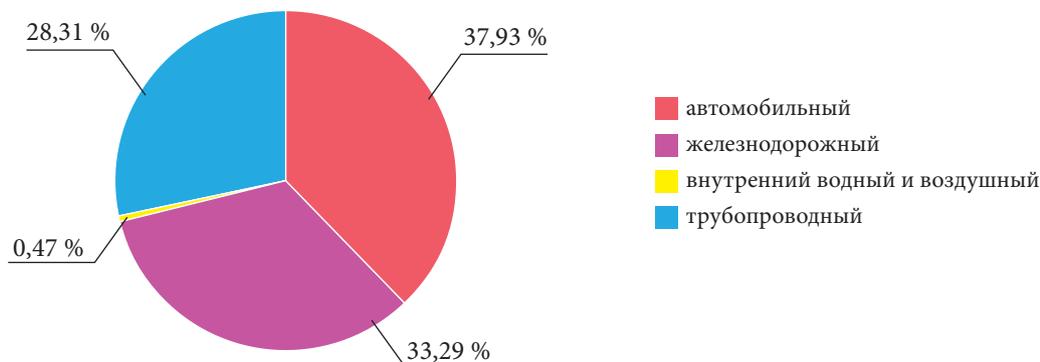


Рис. 1. Структура объема перевозок грузов в Беларуси по видам транспорта
 Источник: составлен на основе данных [1].

В стране уделяется особое внимание созданию условий, направленных на ускоренное развитие инновационных секторов экономики. Так, в Государственной программе развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 гг. разработана система мероприятий с целью более полного удовлетворения потребностей населения и экономики республики в транспортных услугах, запланирован рост целевого показателя грузооборота автомобильного транспорта к 2020 г. до 107,1 % (по сравнению с 2015 г.) [2].

Транспортная деятельность в экономике страны неразрывно связана с логистикой, поэтому в Республиканской программе развития логистической системы и транзитного потенциала на 2016–2020 гг. предусмотрено повышение эффективности использования инфраструктуры, необходимой для оказания логистических услуг и транзитного потенциала Республики Беларусь. В качестве целевого установлен показатель увеличения к 2020 г. доходов от транзита, в том числе и транзита в сфере транспорта (за исключением трубопроводного транспорта), до 1525,1 млн долл. США [3]. Следует отметить, что международные перевозки, включая транзитные, обеспечивают значительные валютные поступления в доходную часть бюджета, внося весомый вклад в платежный баланс страны, и способствуют развитию внутренней и внешней торговли. С 2010 по 2016 г. объем международных перевозок грузов автомобильным транспортом, выполненных резидентами Республики Беларусь, увеличился в 1,87 раза, транзита — в 1,65. Динамика изменения представлена на рис. 2.

В составе транспортного комплекса страны автомобильный транспорт неразрывно связан с дорожным хозяйством. Наряду со многими факторами, на повышение эффективности работы автомобильного транспорта влияет состояние развития его инфраструктуры. В настоящее время большое внимание уделяется развитию и модернизации сети автомобильных дорог страны. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18.09.2017 г. № 699 утверждена Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2017–2020 гг., в составе мероприятий которой предусмотрены направленные на повышение качественных характеристик автомобильных дорог [5].

Стратегическая роль автомобильных дорог в реализации транзитного потенциала страны свидетельствует о важности и необходимости проведения дальнейших научных изысканий в области повышения экономической эффективности функционирования дорожного хозяйства. Требуется совершенствование методик экономического обоснования реализации дорожных проектов, согласующихся с инновационными процессами, происходящими в экономике страны в целом. Так, в соответствии с Концепцией развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2030 г., одним из основных факторов, замедляющих темпы развития логистической системы Республики Беларусь является наличие ограничений пропускных способностей объектов логистической инфраструктуры, в том числе транспортной [6]. Удовлетворение потребностей пользователей автомобильных дорог в перевозках при

этом сопряжено с необходимостью повышения провозной способности дорог и реализации технологий, находящихся в сфере действия логистики. Ожидаемые размеры перевозок, прогнозируемые на основе данных экономических изысканий, являются необходимыми характеристиками для установления основных технических параметров проектирования автомобильной дороги и параметров дороги после последующей ее реконструкции, а также способов организации движения на ней.

Автомобильные дороги, представляя собой комплекс инженерных сооружений, предназначенный для движения транспортных средств с установленными скоростями, нагрузками и габаритами на протяжении срока своей эксплуатации одновременно выступают вещественным элементом потоковых процессов, происходящих в логистической системе дорожного хозяйства и формируемых в других отраслях экономики логистических цепей поставок. Это позволяет акцентировать внимание на сложных взаимосвязанных процессах, происходящих в транспортной сфере, и самом дорожном хозяйстве при выполнении автомобильными дорогами своих функций при создании общественно необходимого продукта. Следует учитывать, что физическое перемещение грузов по автомобильным дорогам сопряжено

с решением многочисленных сопутствующих экономических задач, одной из которых является экономическое обоснование выбора основных технических параметров автомобильных дорог.

К основным техническим параметрам, определяющим транспортно-эксплуатационное состояние дороги, принято относить:

- геометрические параметры, такие как ширина проезжей части, краевой укрепленной и остановочной полос обочин, продольные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, уклоны виражей и расстояние видимости;
- прочность дорожной одежды проезжей части, краевой укрепленной и остановочной полос обочин;
- ровность и сцепные свойства покрытия проезжей части, краевой укрепленной и остановочной (укрепленной связным материалом) полос обочин;
- прочность и устойчивость земляного полотна и его элементов;
- целостность и работоспособность водоотводных и дренажных сооружений;
- наличие и требуемое состояние элементов инженерного оборудования и обустройства дороги.

Важнейшим показателем, характеризующим транспортно-эксплуатационное состояние,

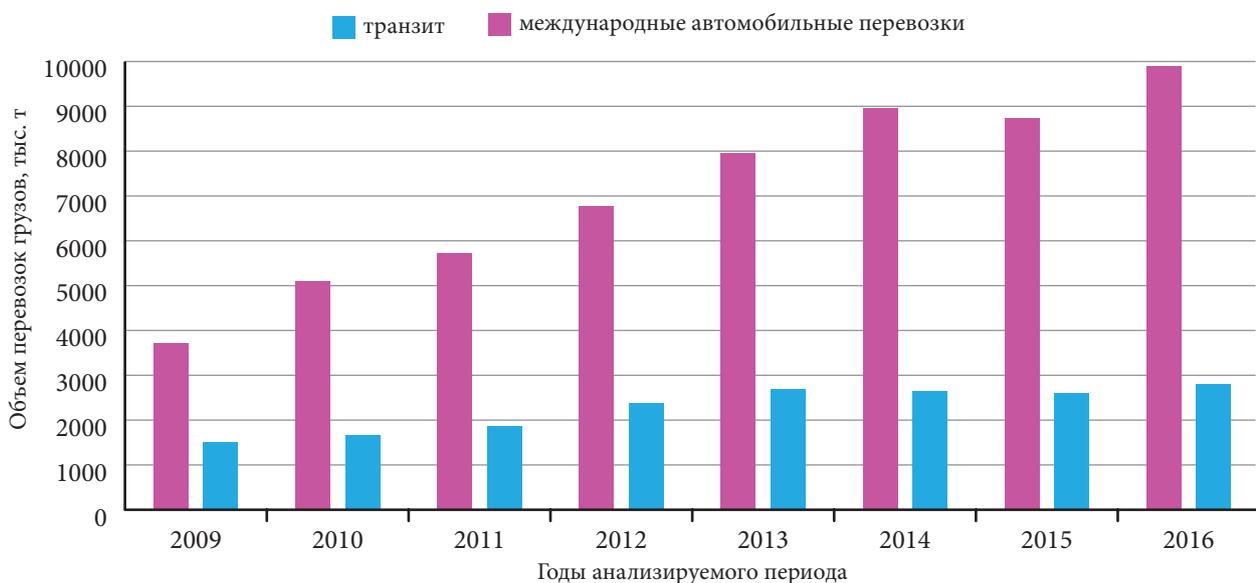


Рис. 2. Объем перевозок грузов автомобильным транспортом в международном направлении
 Источник: составлен на основе данных [4].

является показатель пропускной способности, отражающий эффективность транспортной работы дороги.

Пропускная способность определяется максимальным числом автомобилей, которое может пропустить участок дороги в единицу времени в одном или двух направлениях в рассматриваемых дорожных и погодноклиматических условиях [7, 8]. Этот показатель важен не только для определения участков дороги, требующих улучшения дорожных условий, но и для оценки экономичности движения всего потока автомобилей по маршруту. Увеличение пропускной способности дороги напрямую оказывает влияние на показатели работы грузового автомобильного транспорта, уменьшая время нахождения грузов в пути и тем самым способствуя развитию других отраслей экономики [8].

Исследованию и определению уровня пропускной способности автомобильных дорог уделяют внимание многие белорусские и российские ученые [8–10]. Пропускная способность делится на теоретическую, практическую и расчетную [8]. *Теоретическая* пропускная способность определяется расчетом для горизонтального участка дороги, считая постоянными интервалы между автомобилями и однородным составом транспортного потока. Под *практической* понимают пропускную способность, которая обеспечивается на дорогах в реальных условиях движения. *Расчетная* пропускная способность характеризует экономически целесообразное число автомобилей, которое участок может пропустить в единицу времени в рассматриваемых дорожных условиях при принятой схеме организации движения [8].

Представленная классификация раскрывает содержание понятия пропускной способности с технической точки зрения. Для введения возможности оперирования данным понятием в экономической деятельности и использования его значений при экономическом обосновании реализации дорожных проектов предлагается ввести понятия *требуемой* и *возможной* провозной и пропускной способностей дороги. Ожидаемое количество автомобилей в единицу времени, подсчитанное на основе данных экономических изысканий, определяют *требуемую пропускную* способность, а объем перевозок

грузов, млн т/год — *требуемую провозную* способность дороги.

Возможная провозная и пропускная способности могут быть реализованы при определенном комплексе технических параметров и способов организации движения на автомобильной дороге, сформированном на основе вариантного выбора по установленному экономическому критерию.

Как было отмечено ранее, в связи с постоянным и непрерывным развитием экономики нашей страны размеры перевозок, выполняемых автомобильным транспортом, и количество и разнообразие формируемых логистических цепей поставок будут возрастать. В соответствии с вышеизложенным *требуемую провозную* и *связанную* с ней *пропускную* способности следует рассматривать как непрерывно возрастающие функции времени.

Для реализации непрерывного движения логистических транспортных потоков необходимо на всех этапах эксплуатации автомобильной дороги обеспечить соответствие между *требуемой* (Γ_T) и *возможной* (Γ_B) провозной способностями или между *требуемой* (n_T) и *возможной* пропускной способностями (n_B), при которых на всех этапах работы дороги обеспечивается условие $\Gamma_B \geq \Gamma_T$ или $n_B \geq n_T$.

Таким образом, для обеспечения заданных (экономически целесообразных) объемов перевозок при проектировании новых автомобильных дорог или их реконструкции возникает необходимость решать задачу, связанную с выявлением рационального соответствия между непрерывно возрастающей *требуемой провозной* способностью и дискретно изменяющейся *возможной провозной* способностью, величина которой находится в соответствующей зависимости от структуры формируемых логистических цепей поставок и ожидаемых грузовых перевозок.

Методика формирования рациональной схемы увеличения провозной способности дороги, определяемой экономически обоснованным сочетанием ее основных технических параметров, обеспечивающих оптимальные условия движения логистических транспортных потоков.

Определяя *возможную провозную* способность, необходимо иметь в виду, что при соответствующем комплексе технических параметров автомобильных дорог и способов

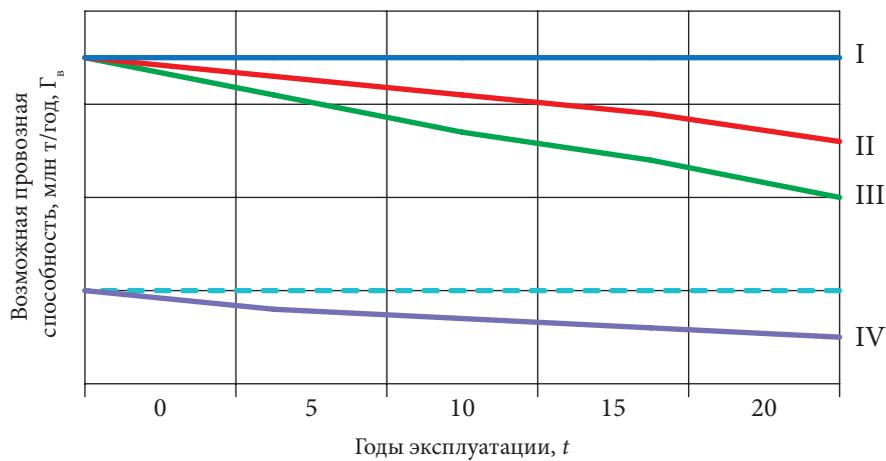


Рис. 3. Изменение возможной провозной способности

организации движения, а также при неизменяющихся во времени структуре грузовых перевозок, объемах пассажирского движения и интенсивности движения значение возможной провозной способности $\Gamma_b = const$ может быть представлено в виде горизонтальной прямой линии (рис. 3, линия I). Однако, как правило, одновременно с ростом объемов грузовых перевозок происходит увеличение и объемов пассажирского движения. В соответствии с этим провозная способность грузового движения уменьшается (рис. 3, линия II). При различной осевой нагрузке грузовых автомобилей, провозная способность будет различаться (рис. 3, линия III — нагрузка на одиночную ось

грузового автомобиля свыше 11,5 т, IV — нагрузка на одиночную ось грузового автомобиля менее 11,5 т).

Все эти положения следует учитывать как при выборе первоначальных значений провозной и пропускной способностей автомобильных дорог, так и мероприятий по их изменению в процессе эксплуатации.

На рис. 4, а приводится графическое сопоставление требуемой $\Gamma_T(t)$ и возможных провозных способностей $\Gamma_b(t)$.

Эти графики дают возможность:

– выявить, какой комплекс технических характеристик и способов организации движения не обеспечивает нормальную эксплуатацию

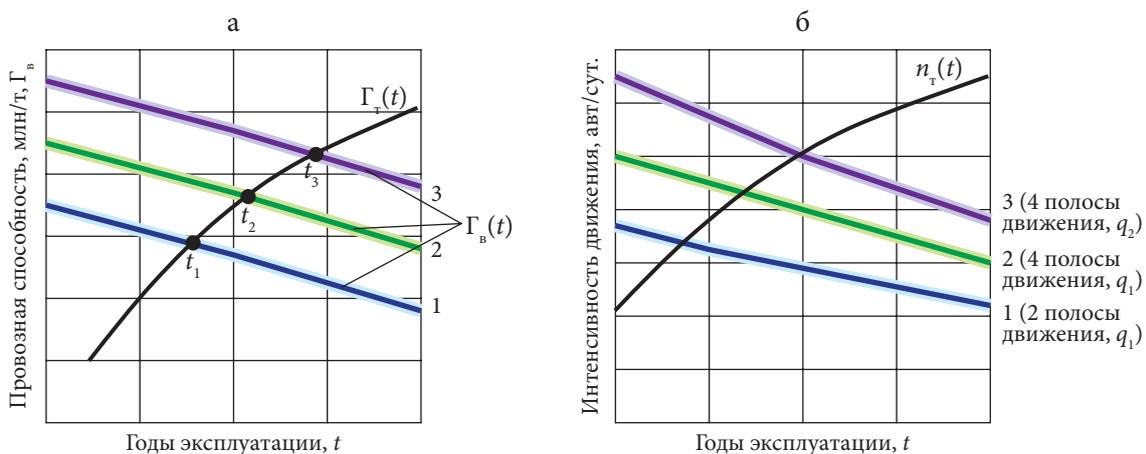


Рис. 4. Сопоставление возможной и требуемой провозной и пропускных способностей дороги:

1, 2, 3 — технические состояния дороги при разном техническом оснащении;
 q_1, q_2 — нагрузка на одиночную ось автомобиля, т

дороги, приводя к росту затрат на осуществление перевозочного процесса;

- установить предельные сроки возможной эксплуатации дороги, за границами которых затраты на перевозку грузов неоправданно возрастают, при различных комплексах технических параметров и способах организации движения (данные критические значения называются вынужденными сроками изменения провозной и пропускной способностей дороги или техническими сроками перехода из одного технического состояния дороги в другое (точки t_1, t_2, t_3 на рис. 4, а));

- выявить возможные резервы провозной способности по годам эксплуатации дороги, которые определяются как разность соответствующих ординат Γ_B и Γ_T .

Сопоставление возможной и требуемой пропускных способностей показано на рис. 4, б. При графическом сопоставлении требуемая пропускная способность наносится в виде непрерывной линии $n_T(t)$, а возможная — семейством наклонных линий, каждая из которых соответствует определенному техническому состоянию дороги. Например, состояние 1 соответствует двухполосной автомобильной дороге при движении грузовых автомобилей с преобладанием нагрузки на ось q_1 ; состояние 2 — четырехполосной автомобильной дороге с нагрузкой на ось q_1 ; состояние 3 — четырехполосной автомобильной дороге с нагрузкой на ось q_2 . Остальные технические параметры дороги являются одинаковыми. Изменяя технические параметры дороги можно нанести на график множество линий возможной провозной способности дороги.

Потребность в перевозках на дорогах со временем возрастает и в некоторый момент приближается к предельно возможной. При проектировании автомобильной дороги стратегия этапного наращивания провозной способности формулируется совместно с разработкой проекта, что дает возможность заранее предусмотреть мероприятия, сводящие к минимуму затраты на ее последующую реконструкцию.

Стратегия этапного наращивания провозной способности определяет технические параметры автомобильной дороги. Это может быть увеличение грузоподъемности автомобилей, изменение структуры дорожного развития, увеличение скорости движения автомобилей.

Увеличение грузоподъемности автомобилей, перевозящих большую массу грузов предусматривает движение более мощных транспортных средств, тягачей, полуприцепов, автопоездов и, как следствие, усиление дорожной одежды для возможности пропуска автомобилей с нагрузкой 11,5 т на одиночную ось и выше.

Развитие автомобильной дороги производится в поперечном и продольном направлениях. В поперечном направлении строятся дополнительные полосы движения, в продольном извилистость трассы заменяется ее спрямлением, строятся обходы населенных пунктов и др.

Увеличение скорости движения автомобилей рассматривается в связи с увеличением нагрузки на дорожную одежду до 11,5 т; движением транзитных автопоездов и автомобилей; ускорением доставки грузов и пассажиров в любую погоду.

Приведенные положения свидетельствуют о том, что на всех этапах работы автомобильной дороги при $\Gamma_B \geq \Gamma_T$ необходимо этапное усиление основных технических параметров или изменение способов организации движения автомобилей, а в отдельных случаях — и реконструкция дороги.

В соответствии с этим любую проектируемую автомобильную дорогу следует рассматривать как управляемую систему, которая в каждый определенный момент времени находится в соответствующем техническом состоянии, оказывающем влияние на величину расходов, связанных с осуществлением перевозок грузов и пассажиров.

Под техническим состоянием дороги понимается комплекс определенных технических параметров постоянных устройств и способов организации движения автомобилей, обеспечивающих соответствующую провозную способность, введение которого требует определенных капитальных вложений, а в процессе эксплуатации — присущих только этому комплексу ежегодных расходов.

Изменение хотя бы одного из компонентов этого комплекса переводит эту систему из одного состояния в другое. Последовательный переход из одного состояния в другое, начиная с начального и завершая конечным, является схемой увеличения провозной способности дороги.

В качестве критерия экономической эффективности схемы этапного увеличения провозной способности дороги принимаются суммарные дисконтированные строительно-эксплу-

тационные затраты при многоэтапных капитальных вложениях:

$$S = K_0 + \sum_1^{m-1} K_{i,j} \eta_{t_{i,j}} + \sum_1^m \sum_{t_n}^{t_k} C_i \eta_t$$

где K_0 — первоначальные капитальные вложения;

$K_{i,j}$ — капитальные вложения, необходимые для перехода из состояния i в состояние j ;

m — число состояний, включаемых в схему;

η — коэффициент дисконтирования затрат t -го шага;

$t_{i,j}$ — срок перехода из состояния i в состояние j ;

t_n и t_k — начальный и конечный годы эксплуатации дороги в каждом состоянии;

C_i — ежегодные эксплуатационные расходы в соответствующем состоянии.

В состав ежегодных эксплуатационных расходов включаются: расходы автотранспортных организаций, связанные с выполнением перевозок грузов и пассажиров, зависящие от объемов перевозок; затраты на ремонт и содержание автомобильных дорог; расходы, связанные с оказанием логистических услуг.

Оптимальной схемой увеличения провозной способности дороги принимается та, у которой критерий экономической эффективности будет минимальным.

На рис. 5 показаны две схемы этапного увеличения провозной способности автомобильной дороги.

По первой схеме предусматривается сдача автомобильной дороги в эксплуатацию двухполосной с несущей способностью дорожной одежды, соответствующей нагрузке q_1 на одиночную ось автомобиля и максимальной скоростью движения V_1 . При этом $\Gamma_B > \Gamma_T$. По мере роста грузовых перевозок состояние 1 в год t_1 исчерпало свои возможности ($\Gamma_B = \Gamma_T$) и далее становится $\Gamma_B < \Gamma_T$) и в этот год предусматривается переход в состояние 2, при котором увеличивается несущая способность дорожной одежды до способности выдерживать нагрузку на одиночную ось автомобиля q_2 и возможная пропускная способность снова становится больше требуемой $\Gamma_B > \Gamma_T$. В состоянии 2 дорога эксплуатируется до года t_2 , то есть до исчерпания возможностей состояния 2. После года t_2 $\Gamma_B < \Gamma_T$ и предусматривается переход к состоянию 3 (расширение проезжей части до четырех

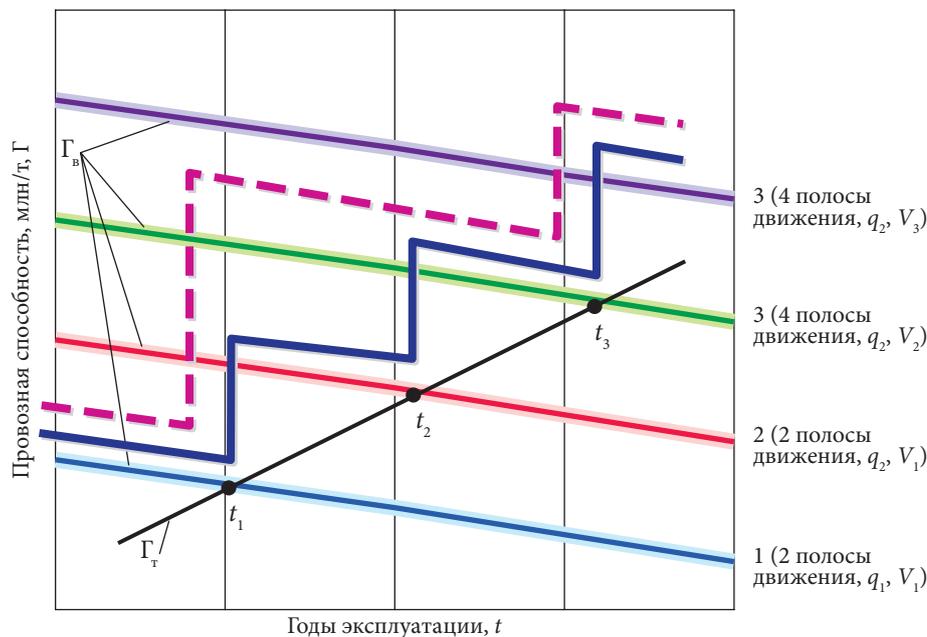


Рис. 5. Схема увеличения провозной способности дороги:

- первая схема;
- вторая схема

полос движения, с нагрузкой на ось автомобиля q_2 и увеличение скорости движения автомобилей до V_2 , что соответствует реконструкции дороги). В этом состоянии дорога эксплуатируется до года t_3 , а затем переходит в конечное состояние 4 ($\Gamma_B > \Gamma_T$, дорога имеет четыре полосы движения, нагрузку на ось автомобиля q_2 , скорость движения увеличивается до V_3).

По второй схеме автомобильная дорога после года t_1 переходит в состояние 3 (четыреполосная проезжая часть, с нагрузкой на ось q_2 и скоростью движения V_2), а затем в год t_3 переходит в конечное состояние 4.

Заключение.

1. Эффективность перевозок грузов и пассажиров зависит от провозной и пропускной способностей автомобильных дорог, определяемых основными техническими параметрами и способами организации движения автомобилей.

2. При решении задачи повышения эффективности перевозок требуется сопоставление возможной и требуемой провозной и связанной с ней пропускной способностей, что дает возможность определить сроки изменения технических параметров дороги и выявить резервы ее работы по годам эксплуатации.

3. Разработана методика формирования рациональной схемы увеличения провозной способности дороги за счет увеличения грузоподъемности автомобилей, скорости их движения, изменения структуры дорожного развития, реализуемая на основе построения схемы этапного увеличения провозной способности, включающей последовательные переходы из различных состояний дороги, определяемых основными техническими параметрами и способами организации движения. Отличие методики от существующих подходов к развитию автомобильных дорог заключается в возможности определения экономически обоснованных сочетаний основных технических параметров на протяжении расчетного периода с учетом интеграции интересов дорожного хозяйства и транспортной отрасли, что позволит обеспечить оптимальные условия движения логистических транспортных потоков.

Литература:

1. Грузовые перевозки в Беларуси по итогам 2017 г. // БАМЭ-Экспедитор. Интернет-портал Респ.

Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.baif.by/novosti/gruzovye-perevozki-v-belarusi-po-itogam-2017-g/>. — Дата доступа: 17.03.2018.

2. Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 28 апреля 2016 г., № 345 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 07.05.2016, 5/42042 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600345>. — Дата доступа: 10.10.2017.

3. Республиканская программа развития логистической системы и транзитного потенциала на 2016–2020 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 18 июля 2016 г., № 560 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 22.07.2016, 5/42364 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://bitrix.pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2016/july/10723/>. — Дата доступа: 09.08.2017.

4. Статистический ежегодник. Республика Беларусь / Нац. Статистический комитет Респ. Беларусь; редколлегия: И. В. Медведева [и др.]. — Минск: Нац. стат. комитет, 2017. — 506 с.

5. Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2017–2020 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 18 сентября 2017 г., № 699 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2017/september/25645/>. — Дата доступа: 01.10.2017.

6. Концепция развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2030 г.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 28 декабря 2017 г., № 1024 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2018/january/27063/>. — Дата доступа: 17.03.2018.

7. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог: ОДМ 218.2.020-20124. — Введ. 1.03.12. — М.: ФДА «Росавтодор», 2012. — 150 с.

8. Леонович, И. И. Диагностика автомобильных дорог: учеб.-метод. пособие / И. И. Леонович, С. В. Богданович. — Минск: БНТУ, 2012. — 226 с.

9. Ивуть, Р. Б. Единая транспортная система и география транспорта [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Р. Б. Ивуть, Н. В. Стефанович, А. А. Косовский. — Минск: БНТУ, 2009. — 76 с.

10. Молодцов, В. А. Транспортная инфраструктура в решении проблем безопасности дорожного движения: учеб. пособие / В. А. Молодцов, Н. В. Пеньшин, А. А. Гуськов. — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. — 83 с.