

УДК: 625.7/.8
DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.3
EDN: CUBKYV



Платные дороги и их экономическая эффективность

В.И. Брызгалов¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Главной проблемой в настоящее время для магистральных дорог является рост интенсивности движения и протяженные маршруты между регионами. По оценкам Государственной компании «Автодор» на 2045 г., при проложении трассы М-12 «Восток» через международный транспортный коридор «Европа – Западный Китай», повлечет рост внутреннего продукта в граничащих территориях магистрали на 2400 млн. руб., в форме налоговых выплат – 600000 млн. руб. Основным положительным эффектом будет снижение времени передвижения до 8 часов, что позволит достичь 70 млн. тонн внутреннего грузопотока.

Цель работы состояла в исследовании эффективности устройства платных автомобильных дорог на территории РФ на примере трасы М-12 «Восток». Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбран экономический метод оценки эффективности мероприятий функционирования платных дорог;
- оценена экономическая сумма выгод использования платных автомобильных дорог.

Результаты. Перспективная интенсивность движения по трассе М-12 «Восток» на участке от г. Казань до г. Екатеринбург, составит 12147 авт./сут. Средний годовой доход от платного участка трассы М-12 «Восток» от г. Казань до г. Екатеринбург в 2025 году составит 4346,32 млн. рублей. По прогнозам, в 2045 году, средний доход может составить порядка 8878,39 млн. рублей, а затраты на строительство окупятся через 20 лет.

Выводы. Значимость полученных результатов для экономики России состоит в том, что развитие инфраструктуры платных дорог окажет положительное влияние:

- улучшение транспортной доступности (снижение времени в пути за счет повышения качества дорог и сокращения длины);
- создание рабочих мест (развитие инфраструктуры способствует росту экономической активности в регионах);
- развитие туризма (улучшение дорожной инфраструктуры делает регионы более доступными для туристов).

Ключевые слова: платные автомобильные дороги, интенсивность движения, траса М-12 «Восток», дорожно-транспортное происшествие, эффективность дорожного проекта

Для цитирования: Брызгалов В.И. Платные дороги и их экономическая эффективность// Известия КГАСУ, 2025, № 1(71), с. 29-40, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.3, EDN: CUBKYV

Toll roads and their economic efficiency

V.I. Bryzgalov¹

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* Nowadays the main problem for trunk roads is the growth of traffic intensity and long routes between regions. According to the estimates of SC “Avtodor” for 2045, the construction of the highway M-12 “Vostok” through the international transport corridor “Europe – Western China” will entail the growth of domestic product in the bordering territories

of the highway by 2400 million rubles, in the form of tax payments – 600000 million rubles. The main positive effect will be the reduction of travel time to 8 hours, which will allow reaching 70 million tons of internal cargo flow.

The purpose of the work was to study the effectiveness of toll roads on the territory of the Russian Federation on the example of the highway M-12 “Vostok”. To achieve the goal the following tasks were solved:

- the economic method of estimating the efficiency of toll road operations was selected;
- the economic sum of benefits of using toll roads was estimated.

Results. The prospective traffic intensity on the highway M-12 “Vostok” on the section from Kazan to Yekaterinburg will amount to 12147 vehicles per day. The average annual income from the toll section of the M-12 “Vostok” highway from Kazan to Yekaterinburg in 2025 will amount to 4346.32 million rubles. According to forecasts, in 2045, the average income may reach about 8878.39 million rubles, and the construction costs will be recouped in 20 years.

Conclusions. The significance of the results obtained for the Russian economy is that the development of toll road infrastructure will have a positive impact in:

- improving transport accessibility (reducing travel time by improving the quality of roads and reducing their length);
- creating jobs (developing infrastructure contributes to the growth of economic activity in the regions);
- developing tourism (improving road infrastructure makes regions more accessible to tourists).

Keywords: toll roads, traffic intensity, M-12 “Vostok” highway, traffic accident, road project efficiency

For citation: Bryzgalov V.I. Toll roads and their economic efficiency // News of KSUAE, 2025, № 1(71), P. 29-40, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.3, EDN: CUBKYY

1. Введение

В настоящее время, на платных автомобильных дорогах наблюдается повышение грузопотока, при этом, на крупных участках дорог федерального значения, 1/3 потока составляют грузовые транспортные средства, а 2/3, соответственно, легковой транспорт [1-3]. Стоит отметить, что наибольшее количество доставок грузов направлено в восточную часть страны, что обуславливается передвижением в города Центральной России, Поволжья, Урала и Сибири, а также экспортом в Казахстан и страны Средней Азии [4,5].

Строительство платных автомобильных дорог активно развивается во многих странах, благодаря ряду преимуществ [6-7]:

- снижение времени нахождения в дороге;
- меньшая протяженность платного участка в сравнении с альтернативным участком;
- развитие более высокой скорости на платном участке благодаря высокому уровню содержания дорожного полотна;
- удобство и комфорт передвижения за счет развитой инфраструктуры (заправочные станции, площадки отдыха, кафе и др.).

Выполненный анализ научных исследований показал, что проблемы размещения и проектирования платных автомобильных дорог изучены в достаточной степени.

Однако, проблемы формирования стоимости проезда по платным дорогам, размещение на их территории пунктов взимания платы, а также оценки безопасности дорожного движения на платных автомобильных дорогах, которые в конечном итоге влияют на экономическую эффективность, недостаточно изучены и нуждаются в дополнительных исследованиях.

Платные дороги могут быть экономически эффективными, если доходы от сборов превышают затраты на строительство и обслуживание. Это особенно актуально для высоконагруженных маршрутов, где водители готовы платить за более высокое качество дорог и сокращение времени в пути.

Цель исследования – оценить экономическую эффективность устройства платных автомобильных дорог в России на примере трассы М-12 «Восток».

Для этого решаются следующие задачи: выбрать экономический метод оценки эффективности мероприятий функционирования платных дорог; оценить экономическую сумму выгод использования платных дорог.

2. Материалы и методы

Основные подходы методов оценки экономической эффективности платных дорог включают в себя анализ различных аспектов, связанных с их строительством, эксплуатацией и воздействием на экономику:

1. Анализ затрат (строительство, эксплуатация и содержание) и выгод (снижения времени в пути, уменьшения затрат на топливо, повышение безопасности движения).

2. Социально-экономический анализ (влияние появления платной дороги на общество, появление дополнительных рабочих мест, улучшение транспортной инфраструктуры).

3. Государственно-частное партнерство (оценка эффективности привлечения частных инвестиций в строительство и эксплуатацию дороги, выявление возможных рисков).

Эти методы помогают принимать обоснованные решения о целесообразности строительства платных дорог и их влиянии на экономику и общество.

В данной работе экономическая эффективность определялась по первому методу. Данный метод оценки заключается в сравнении всех затрат на его реализацию с ожидаемыми выгодами и определить, перевешивают ли выгоды затраты, и насколько проект целесообразен с экономической точки зрения.

В качестве рассматриваемого участка принята автомобильная дорога М-12 «Восток», альтернативные участки проходят на севере и юге (рис. 1).

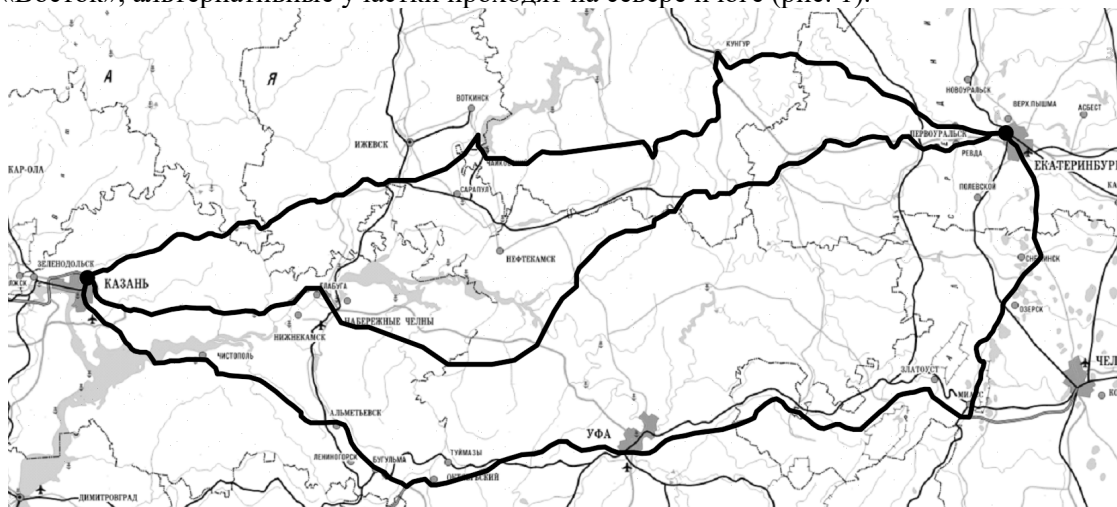


Рис. 1. Дороги дублеры участка платной автомобильной дороги М-12 «Восток» «Казань – Екатеринбург». По центру – трасса М-12 «Восток», сверху и снизу – трассы-дублеры (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Relief roads of the Kazan-Yekaterinburg section of the M-12 “Vostok” toll road. In the center is the M-12 “Vostok” highway, above and below are the relief roads (illustration by the authors)

Для оценки потенциальной экономии от использования платной трассы в сравнении с альтернативными бесплатными маршрутами, был произведен сравнительный анализ. Несмотря на большую протяженность (1219 км, в сравнении 1070 км), из двух трасс-дублеров, для дальнейшего исследования был выбран маршрут, проходящий южнее трассы М-12 «Восток», т.к. данная дорога проходит через меньшее количество населенных пунктов, светофорных объектов, пересечений и примыканий.

Прогнозирование транспортного потока на участке платной трассы М-12 «Восток» (направление «Казань - Екатеринбург») осуществляется на основе анализа ожидаемого количества автомобилей, следующих между взаимосвязанными населенными пунктами, и моделирования наиболее вероятных маршрутов их движения.

Прогноз интенсивности транспортного потока осуществлялся с учетом расстояний между взаимосвязанными населенными пунктами, временных затрат и комфортности перемещения. В расчетах использовались параметры протяженности автомагистрали и нормативный коэффициент длины, при этом эталонными условиями было движение по дорожному полотну IB категории.

Общая интенсивность движения на трассе М-12 «Казань – Екатеринбург» рассчитывается путём агрегации транспортных потоков между смежными участками.

Определение интенсивности на отдельных сегментах дороги между взаимосвязанными точками выполняется в соответствии с методикой, изложенной в руководящих документах по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах:

$$N_{ij} = \frac{P_p \times K_c \times Q_l \times V_l \times \tau_l \times K_l}{1000 \times L_{\text{пр}}^2} + \frac{P_p \times K_c \times Q_a \times V_a \times \tau_a \times K_a}{1000 \times L_{\text{пр}}^2} + \frac{P_p \times K_c \times Q_r \times V_r \times \tau_r \times K_r}{1000 \times L_{\text{пр}}^2} \quad (1)$$

где P_p – приведенная численность населения в анализируемой паре взаимосвязанных населенных пунктов, жит.;

K_c – интегральный показатель взаимосвязи между анализируемыми корреспондирующими объектами, учитывающий административно-экономический статус населенных пунктов;

Q_l – текущая плотность легкового автотранспорта, авт./1000 жит.;

V_l – усредненный скоростной режим легковых транспортных средств, км/ч;

τ_l – усредненная суточная продолжительность активного использования легкового транспорта, ч/сут;

K_l – интегральный показатель эксплуатационной активности легкового транспорта;

$L_{\text{пр}}$ – расчетная длина участка перемещения для пары взаимодействующих объектов, км;

Q_a – плотность распределения автобусного парка в границах населенного пункта, авт./1000 жит.;

V_a – средняя эксплуатационная скорость автобусов, км/ч;

τ_a – усредненная суточная продолжительность активной эксплуатации автобусного парка, ч/сут;

K_a – интегральный показатель эксплуатационной активности автобусного парка; Q_r – плотность распределения грузового транспорта в границах населенного пункта, авт./1000 жит.;

V_r – усредненный скоростной режим грузового автотранспорта, км/ч;

τ_r – усредненная продолжительность эксплуатации грузовых транспортных средств в рамках суточного цикла, ч/сут;

K_r – интегральный показатель, детерминированный уровнем эксплуатации грузового автотранспорта.

Расчетная численность населения для анализируемой пары взаимосвязанных населенных пунктов рассчитывается на основе пропорции между количеством жителей в каждом городе:

- если соотношение численности населения между крупным (P_{max}) и малым городом (P_{min}) не превышает 7,38, то определяется по формуле:

$$P_p = (\ln \left(\frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} \right) + 2) \times P_{\text{min}} \quad (2)$$

- если условие не соблюдается, приведенная численность населения для анализируемой пары корреспонденций определяется по формуле:

$$P_p = 4 \times P_{\text{min}} \quad (3)$$

Количество жителей в рассматриваемых городах представлена в табл. 1 [8].

Интегральный показатель эксплуатационной активности легкового транспорта в будние дни, определяется по формуле:

$$K_{\text{л}} = 1 - (D_{\text{н}} + D_{\text{р}}) \quad (4)$$

где $D_{\text{н}}$ – доля транспортных средств, включенных в статистический учёт, но эксплуатация которых ограничена вследствие наличия технических неисправностей;

$D_{\text{р}}$ – доля транспортных средств, используемых для перемещения в загородные зоны отдыха в течение весенне-летне-осеннего сезона.

Усредненная суточная продолжительность активной эксплуатации автобусного парка, определяется по формуле:

$$\tau_{\text{а}} = T_{\text{на}} - 2 \quad (5)$$

где $T_{\text{на}}$ – продолжительность активной эксплуатации автобусного парка в течение смены, ч.

Интегральный показатель эксплуатационной активности автобусного парка, определяется по формуле:

$$K_{\text{а}} = \Gamma_{\text{а}} \times K_{\text{ва}} \quad (6)$$

где $\Gamma_{\text{а}}$ – интегральный показатель, операционной готовности автобусного парка к выполнению плановых маршрутов;

$K_{\text{ва}}$ – интегральный показатель, отражающий долю транспортных средств, выходящих на маршруты в соответствии с утвержденным графиком.

Таблица 1

Количество жителей в населенных пунктах

№ п/п	Название населенного пункта	Количество жителей
1	г. Екатеринбург (Свердловская область)	1 580 109
2	г. Первоуральск (Свердловская область)	112 860
3	п. Бисерть (Свердловская область)	9 245
4	п. Ачит (Свердловская область)	4 602
5	г. Красноуфимск (Свердловская область)	37 307
6	п. Октябрьский (Пермский край)	116 005
7	с. Верхние Татышлы (Республика Башкортостан)	7 291
8	г. Янаул (Республика Башкортостан)	25 908
9	г. Нефтекамск (Республика Башкортостан)	131 942
10	г. Камбарка (Удмуртская Республика)	10 080
11	с. Алнаши (Удмуртская Республика)	6 837
12	г. Менделеевск (Республика Татарстан)	22 875
13	г. Елабуга (Республика Татарстан)	75 297
14	г. Нижнекамск (Республика Татарстан)	52 337
15	г. Мамадыш (Республика Татарстан)	42 550
16	с. Шали (Республика Татарстан)	57 060
17	г. Казань (Республика Татарстан)	1 318 604

Исходные данные для выполнения прогноза интенсивности движения транспортных средств по рассматриваемым участкам представлены в табл. 2 [9].

Таблица 2

Исходные данные по прогнозированию интенсивности движения транспортных средств

№ п/п	Показатель	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	Текущая плотность легкового автотранспорта	$Q_{\text{л}}$	авт./1000 жит.	322
2	Усредненный скоростной режим легковых транспортных средств	$V_{\text{л}}$	км/ч	83
3	Усредненная суточная продолжительность активного использования легкового транспорта	$\tau_{\text{л}}$	ч/сут	1
4	Интегральный показатель эксплуатационной активности легкового транспорта	$K_{\text{л}}$	–	0,75
5	Плотность распределения автобусного парка в границах населенного пункта	$Q_{\text{а}}$	авт./1000 жит.	3

Окончание таблицы 2

6	Средняя эксплуатационная скорость автобусов	V_a	км/ч	60
7	Усредненная суточная продолжительность активной эксплуатации автобусного парка	τ_a	ч/сут	9,6
8	Интегральный показатель эксплуатационной активности автобусного парка	K_a	—	0,6
9	Плотность распределения грузового транспорта в границах населенного пункта	Q_r	авт./1000 жит.	47
10	Усредненный скоростной режим грузового автотранспорта	V_r	км/ч	75
11	Усредненная продолжительность эксплуатации грузовых транспортных средств в рамках суточного цикла	τ_r	ч/сут	7,6
12	Интегральный показатель, детерминированный уровнем эксплуатации грузового автотранспорта	K_r	—	0,17

Усредненная продолжительность эксплуатации грузовых транспортных средств в рамках суточного цикла определяется по формуле:

$$\tau_r = T_{нг} - 1,5 \quad (7)$$

где $T_{нг}$ — усредненная продолжительность эксплуатации грузового автотранспорта в рамках рабочей смены, ч.

Интегральный показатель, детерминированный уровнем эксплуатации грузового автотранспорта определяется по формуле:

$$K_r = \Gamma_r \times K_{вр} \quad (8)$$

где Γ_r — интегральный показатель, операционной готовности грузового автотранспорта к выполнению задач в рамках рабочей смены;

$K_{вр}$ — интегральный показатель выхода грузовых транспортных средств на линию, рассчитываемый как отношение фактически задействованных единиц к запланированному количеству.

Расчетная длина участка перемещения для пары взаимодействующих объектов определяется путем соотношения усредненной скорости грузовых транспортных средств на магистрали ИБ категории к средней скоростью их перемещения на исследуемом участке:

$$L_{пр} = L_{\phi} \times \left(\frac{V_r}{V_i \times dV \times dR} \right)^{0,4} \quad (9)$$

где L_{ϕ} — фактическая длина участка автодороги, подвергаемого исследованию, км;

V_r — средняя скорость грузового транспортного средства, совершаемое движение по исследуемому участку, км/ч;

dV — коэффициент, зависящий от снижения скорости движения транспортного средства передвигающегося в населенном пункте;

dR — коэффициент, который зависит от уменьшения скорости движения транспортного средства связанный с объектами регулирования движения.

Полученные результаты расчетов интенсивности движения на участке платной трассы М-12 «Восток» - «Казань – Екатеринбург» представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчеты прогнозируемой интенсивности движения транспортных средств

Наименование участка	Длина, км	Зона влияния населенных пунктов				Приведенная длина	Приведенная численность населения	Коэффициент связанности	Ожидаемая интенсивность
		$\frac{dV_1}{dV_2}$	Длина, км	$\frac{dV_1}{dV_2}$	$\frac{dV_1}{dV_2}$				
Екатеринбург – Первоуральск	47	0,38	14,27	0,90	0,86	31,85	451440,00	0,40	4552,9
		0,79	11,63	0,95					
Первоуральск – Бисерть	75	0,79	11,63	0,97	0,96	50,83	36980,00	0,30	109,85
		0,90	9,13	0,99					

Окончание таблицы 3

Бисерть – Ачит	83	0,90	9,13	0,99	0,98	56,25	12414,32	0,10	10,04
		0,93	8,43	0,99					
Ачит – Красноуфимск	23	0,93	8,43	0,98	0,91	15,59	18408,00	0,30	581,43
		0,84	10,53	0,93					
Красноуфимск – Октябрьский	58	0,84	10,53	0,97	0,93	39,31	116937,01	0,30	580,82
		0,79	11,56	0,96					
Октябрьский – Верхние-Татышлы	148	0,79	11,66	0,98	0,98	100,30	29164,00	0,10	7,42
		0,91	8,89	0,99					
Верхние Татышлы-Янаул	64	0,91	8,89	0,99	0,97	43,37	23826,34	0,10	32,40
		0,86	10,16	0,98					
Янаул-Нефтекамск	50	0,86	10,16	0,97	0,92	33,89	93989,32	0,30	628,18
		0,79	11,79	0,95					
Нефтекамск-Камабарка	26	0,79	11,79	0,90	0,87	17,62	40320,00	0,30	996,60
		0,90	9,22	0,96					
Камабарка-Алнаши	175	0,90	9,22	0,99	0,99	118,60	16328,15	0,10	2,97
		0,92	8,83	1,00					
Алнаши-Менделеевск	40	0,92	8,83	0,98	0,95	27,11	21931,01	0,30	229,03
		0,86	10,04	0,97					
Менделеевск-Елабуга	27	0,86	10,04	0,95	0,88	18,30	73003,18	0,10	557,75
		0,81	11,23	0,92					
Елабуга-Нижнекамск	60	0,81	11,23	0,96	0,93	40,66	123710,89	0,30	574,19
		0,83	10,87	0,97					
Нижнекамск-Мамадыш	29	0,83	10,87	0,94	0,88	19,65	93908,86	0,10	621,92
		0,84	10,66	0,94					
Мамадыш-Шали	124	0,84	10,66	0,99	0,97	84,04	97585,17	0,10	35,35
		0,82	10,66	0,98					
Шали-Казань	44	0,82	10,95	0,96	0,86	29,82	228240,00	0,40	2626,5
		0,69	14,09	0,90					
Сумма:									12147

Загруженность исследуемого участка дороги напрямую коррелирует с демографической плотностью прилегающих территорий. В границы анализа включены: зоны транспортного тяготения; параллельный дороги-дублеры, влияющие на распределение потока автомобилей. Прогнозирование параметров движения (интенсивность и скорость движения) выполнено методом интегрального моделирования, учитывающего корреспонденции между всеми узлами транспортной сети.

Согласно выполненным расчетам, среднесуточная интенсивность транспортного потока на участке трассы М-12 «Восток» (от г. Казань до г. Екатеринбург) достигает 12147 авт./сут.

3. Результаты и обсуждение

Рассчитаем совокупные преимущества использования платной магистрали для автотранспорта. Участок дороги относится к категории ИБ: он оснащен системой освещения по всей протяженности, не содержит светофоров и пересечений с другими трассами.

В российской системе платных автодорог, транспорт квалифицируется на четыре группы в зависимости от типа автотранспорта (Табл.4).

Для платного участка, количество дорожно-транспортных происшествий определялось по методике [12], интенсивность движения принята на основании полученных расчетов. Для альтернативного участка, количество ДТП и интенсивность движения приняты на основе статистических данных за 2023 год [13].

Таблица 4

Классификация транспортных средств на платных дорогах в РФ	
Категория автомобиля	Критерий транспортного средства
I категория	
II категория	
III категория	
IV категория	

Оценим сумму выгод (экономический эффект) использования платной автомобильной дороги согласно ОДМ «Методики расчета размера платы за проезд по платным автомобильным дорогам и дорожным объектам. Порядок ее взимания и пересмотра. Определение потребительского спроса» по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = \mathcal{E}_{\text{эр}} + \mathcal{E}_{\text{удг}} + \mathcal{E}_{\text{вр}} + \mathcal{E}_{\text{б}} \quad (10)$$

где $\mathcal{E}_{\text{эр}}$ – экономическая выгода от проезда по участку дороги используемая на платной основе в сравнении с участком-дублером;

$\mathcal{E}_{\text{удг}}$ – экономическая выгода, достигаемая за счет сокращения времени доставки грузов;

$\mathcal{E}_{\text{вр}}$ – экономическая выгода, обусловленная сокращением времени преодоления маршрута;

$\mathcal{E}_{\text{б}}$ – экономическая выгода, достигаемая за счет снижения аварийности на дорогах.

Экономическая выгода использования платной автомагистрали по сравнению с альтернативным маршрутом:

$$\mathcal{E}_{\text{эр}} = T_{\text{км}}(S_{\text{а}} - S_{\text{пл}}), \quad (11)$$

где, $T_{\text{км}}$ – тарифная стоимость для проезда по платной магистрали дифференцированная в соответствии с категорией транспортного средства;

$S_{\text{а}}$ – протяженность дублирующего маршрута;

$S_{\text{пл}}$ – протяженность маршрута используемого на платной основе.

Экономические выгоды, полученные от эксплуатации автомобиля представлены в табл. 4.

Экономические выгоды от оптимизации грузоперевозок достигаются снижением продолжительности перевозок грузов и напрямую влияет на повышение доходности логистических операций. Использование платных автомагистралей позволяет транспортным компаниям сократить сроки доставки, что ведет к росту их прибыли за счет увеличения количества рейсов. Параллельно выгоду получает грузоотправитель: ускорение товарооборота способствует более быстрому обороту капитала, высвобождая ресурсы для новых инвестиций или сокращения кредитной нагрузки. Данные экономические выгоды определяются по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{гзд}} = \frac{C_{\text{гр}} \cdot \Delta t}{365 \cdot 24} \times \frac{B_{\text{к}}}{100} \quad (12)$$

где $C_{\text{гр}}$ – средняя стоимость грузоперевозок (23 800 руб./т);

Δt – оптимизация временных ресурсов, час;

$B_{\text{к}}$ – ключевая ставка Банка России, % (19% на 20.09.2024 г.);

365 и 24 – количество дней в году и часов в сутках соответственно.

Результаты экономических выгод, полученные от снижения времени транспортировки грузов представлены в таблице 5.

Экономическая выгода, получаемая от сокращения пройденного расстояния автомобилем транспортирующего груз, влечет за собой сокращение времени доставки в сравнении с маршрутом-дублером. Всё это позволяет уменьшить расходы горюче-

смазочные материалы, снизить износ автомобиля и повысить число рейсов в единицу времени.

Стоимостная оценка времени $V_o T$ находится согласно методу «экономическая активность»:

$$V_o T = \frac{\text{ВВП}}{(ЧЗ \times 24 \times 365)}, \quad (13)$$

где $V_o T$ – цена 1-го часа;

ВВП – валовой внутренний продукт (171,041 трлн рублей за 2023 год) [10];

ЧЗ – численность занятого населения. (71,9 млн на 2023 год) [11];

Тогда, стоимость времени составит $V_o T = 271,56$ руб.

Экономическая выгода, полученная от снижения времени пройденного расстояния, применима только для I и IV категории автомобилей:

$$\mathcal{E}_{\text{вп}} = K_{\text{п}} \times \Delta t \times V_o T, \quad (14)$$

На основании произведенных расчетов были получены результаты, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Экономия времени при проезде по платному участку

Категория т/с.	Протяженность, км (платная / альтернативная)	Средняя скорость движения, км/ч (платная / альтернативная)	Время в пути, ч (платная / альтернативная)	Экономия времени, ч
I	740 / 1219	100 / 65	7,40 / 18,76	11,36
II		70 / 45	10,57 / 27,09	16,52
III		60 / 35	12,33 / 34,83	22,50
IV		60 / 35	12,33 / 34,83	22,50

Экономическая выгода, достигаемая за счет снижения аварийности на дорогах определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_6 = Y_a \times P_a - Y_{\text{пл}} \times P_{\text{пл}}, \quad (15)$$

где, Y_a и $Y_{\text{пл}}$ – средняя стоимость материального ущерба от ДТП на альтернативном и платном участках автомобильной дороги, руб.;

P_a и $P_{\text{пл}}$ – вероятность случаев ДТП на альтернативном и платном участках автомобильной дороги:

$$P_a = \frac{K_a}{\text{ИА}} \quad (16)$$

$$P_{\text{пл}} = \frac{K_{\text{пл}}}{\text{ИП}} \quad (17)$$

На основании произведенных расчетов были получены результаты, представленные в табл. 6.

Таблица 6

Экономическая выгода от уменьшения аварийности

Категория т/с	Количество ДТП, шт. (платная / альтернативная)	Годовая интенсивность движения, авт./год (платная / альтернативная)	Средняя величина материального ущерба от ДТП, руб. (платная / альтернативная)	Экономия от снижения рисков ДТП, руб. (платная / альтернативная)
I	65/322	3432508/5737518	300000/210000	6,11
II	9/43	455068/760656		6,12
III	7/34	363905/608455		6,12
IV	3/17	181770/304045		6,20

Экономическая выгода (сумма выгод) при использовании участка автомобильной дороги используемой на платной основе, представлена в табл. 7.

Прогнозы общего индекса инфляции и индексов изменения цены в течение всего расчетного периода реализации проекта, а также действующую систему налогообложения (базы налогообложения, ставки, срока выплаты, льгот по налогу, распределения налоговых платежей между бюджетами соответствующих уровней) необходимо учитывать при эффективности дорожного проекта по экономической и бюджетной оценке.

Таблица 7

Суммарные выгоды пользования платной автомобильной дороги

Группа транспортных средств	Экономия затрат на эксплуатацию т/с, руб	Экономия от ускорения доставки грузов, руб	Экономия времени, руб	Экономия от снижения ДТП	Суммарная выгода, руб
I	1916,00	5,86	4008,24	6,11	5936,21
II	2395,00	8,53	-	6,11	2409,65
III	3832,00	11,61	-	6,12	3849,73
IV	6227,00	11,61	7941,48	6,20	14186,29

Индекс инфляции определим по формуле, исходя из ежемесячного темпа инфляции:

$$I_{\varepsilon} = \sum_{m=1}^{m=12} (1 + \frac{I_m}{100})^{m-1} \quad (18)$$

где I_m – индекс инфляции внутри месяца в относительных величинах:

$$I_m = \frac{I_{\Pi_m} - I_{\Pi_n}}{I_{\Pi_n}} \cdot 100\% \quad (19)$$

где I_{Π_m} – индекс потребительских цен текущего периода (101,14 за июль 2024 по данным Росстата);

I_{Π_n} – индекс потребительских цен предыдущего периода (100,64 за июнь 2024 по данным Росстата);

Индекс инфляции при переходе от первого года ко второму, от второго к третьему и т.д. определяется по формуле, с учетом ежемесячной инфляции 0,5%:

$$I_t = I_{\varepsilon} (1 + \frac{I_m}{100})^{12(t-1)} \quad (20)$$

Затраты на строительство автомобильной дороге были приняты 260 млрд. руб. [14], а на содержание 698 983 руб./год [15].

Таблица 8

Расчет величины доходов и прибыли от эксплуатации платной автомобильной дороги

Год	Интенсивность движения	Расходы, млн. руб.	Доходы, млн. руб.	Прибыль, млн. руб.	Коэффициент инфляции	Прибыль за год с учетом инфляции, млн
2025	–	260019,80	–	-260019,80	–	-260019,80
2026	12633	129,31	4346,32	4217,01	1,06	4470,03
2027	13138	129,31	4510,10	4380,79	1,13	4930,04
2028	13664	129,31	4680,43	4551,12	1,19	5437,63
2029	14210	129,31	4857,58	4728,27	1,27	5997,72
2030	14779	129,31	5041,81	4912,50	1,35	6615,76
2031	15370	129,31	5233,42	5104,11	1,43	7297,75
2032	15985	129,31	5432,68	5303,37	1,52	8050,34
2033	16624	129,31	5639,92	5510,61	1,61	8880,85
2034	17289	129,31	5855,45	5726,14	1,71	9797,37
2035	17981	129,31	6079,60	5950,28	1,82	10808,82
2036	18700	129,31	6312,71	6183,40	1,93	11925,06
2037	19448	129,31	6555,15	6425,84	2,05	13156,97
2038	20226	129,31	6807,28	6677,97	2,17	14516,55
2039	21035	129,31	7069,51	6940,19	2,31	16017,07
2040	21876	129,31	7342,22	7212,90	2,45	17673,17
2041	22751	129,31	7625,84	7496,52	2,60	19501,00
2042	23661	129,31	7920,80	7791,49	2,76	21518,41
2043	24608	129,31	8227,56	8098,25	2,93	23745,08
2044	25592	129,31	8546,59	8417,28	3,11	26202,76
2045	26616	129,31	8878,39	8749,08	3,30	28915,46

Основные результаты

Срок окупаемости платной автомобильной дороги зависит от факторов:

- инвестиционные затраты (стоимость строительства объекта и его содержание);
- интенсивность движения и величина тарифов (размер оплаты за проезд напрямую влияет на получаемый доход и на количество пользователей на платной дороге);

Результат окупаемости платной дороги зависит от баланса между доходами и расходами. Средняя стоимость строительства 1 км платной дороги составляет 351,35 млн. руб., а эксплуатационные расходы включающие обслуживание, сбор платы, обеспечение безопасности – 3% от доходов. На основании полученных данных, средний срок окупаемости проекта составил 20 лет.

4. Заключение

Для оценки эффективности мероприятий, связанных с функционированием платных дорог, целесообразно использовать метод анализа затрат и выгод. Этот метод позволяет количественно оценить все затраты, связанные с реализацией мероприятий (например, строительство, обслуживание, эксплуатация), и сопоставить их с ожидаемыми выгодами (увеличение пропускной способности, снижение аварийности). Дополнительно можно применить методы дисконтирования для анализа чувствительности для оценки рисков.

Оценка экономической суммы выгод использования платных дорог показала, что средний годовой доход от платного участка трассы М-12 «Восток» от г. Казань до г. Екатеринбург в 2025 году составит 4346,32 млн. рублей. По прогнозам, в 2045 году, средний доход может составить порядка 8878,39 млн. рублей, а затраты на строительство окупятся через 20 лет.

Таким образом, применение метода анализа затрат и выгод позволяет не только оценить экономическую эффективность мероприятий, но и обосновать целесообразность инвестиций в платные дороги, учитывая их долгосрочные выгоды для общества и экономики.

Список литературы/ References

1. Ananto Tri Sasongko, Grafika Jati, Mohamad Ivan Fanany, Wisnu Jatmiko. (2020). Dataset of vehicle images for Indonesia toll road tariff classification. Data in Brief. P. 1-4. DOI: 10.1016/2020.106061.
2. Charging Scheme, Sandro Rodriguez Garzon, Marcel Reppenhagen, Marcel Myller. (2022). What if Air Quality Dictates Road Pricing? Simulation of an Air Pollution-based Road. Journal of Urban Mobility. P. 1– 18. DOI: 10.1016/2022.100018.
3. Natalia Voronina. (2022). Substantiation of tariffs for using toll road: socio-economic aspect. Transport Research Procedia. P. 1288– 1293. DOI: 10.1016/2022.06.137.
4. Брызгалов В.И., Карпушко М.О. Особенности платных дорог для автомобильного транспорта на основе российского и мирового опыта // Транспортные и транспортно-технологические системы. 2020. С. 58-61
Bryzgalov V.I., Karpushko M.O. Features of toll roads for road transport based on Russian and global experience // Transport and transport-technological systems. 2020. P. 58-61.
5. Брызгалов В.И., Карпушко М.О. Устройство безбарьерной системы оплаты на платных автомобильных дорогах Пермского края // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. С. 5-15
Bryzgalov V.I., Karpushko M.O. Installation of a barrier-free toll system on toll roads in Perm region // Transport. Transport structures. Ecology. 2021. P. 5-15.
6. Кулыгин С.В., Казачков В.О., Кочкаров А.А. Мониторинг потоков транспортных средств на платных участках автомобильных дорог на основе применения ГНСС // Труды МАИ. 2024. С. 1-33
Kulygin S.V., Kazachkov V.O., Kochkarov A.A. Monitoring of vehicle flows on toll road sections on the basis of GNSS application // MAI works. 2024. P. 1-33.
7. Плаксин С.М., Кондрашов А.С., Ястребов Е.В. Сравнительный анализ режимов государственного регулирования доступа на платные автодороги // Вопросы государственного и муниципального управления. 2015. С. 99-118

- Plaksin S.M., Kondrashov A.S., Yastrebov E.V. Comparative Analysis of Regimes of State Regulation of Access to Toll Roads // Issues of state and municipal administration. 2015. P. 99-118.
8. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям: Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 06.11.2024) Population of the Russian Federation by municipalities: Federal State Statistics Service. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (reference date: 06.11.2024).
9. Комлев В.А. Транспортная инфраструктура: метод. Указания для практ. Занятий: Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт, 2022. 37 с.
Komlev V. A. Transportation infrastructure: Novosibirsk State Agrarian University. Engineering Institute, 2022. 37 p.
10. Росстат оценил рост ВВП в 2023 году в 3,6 процента: Минфин России. URL: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=38851-rosstat_otseuil_rost_vvp_v_2023_godu_v_36_protseuta (дата обращения: 06.11.2024) Rosstat estimated GDP growth in 2023 at 3.6 percent: Russian Ministry of Finance. URL: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=38851-rosstat_otseuil_rost_vvp_v_2023_godu_v_36_protseuta (reference date: 06.11.2024)].
11. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Труд и занятость в России 2023. Статистический сборник. М. : 180 с.
Federal State Statistics Service (Rosstat). Labor and employment in Russia 2023. Statistical collection. Moscow: 180 p.
12. Брызгалов В.И., Карпушко М.О., Бургунутдинов А.М. Прогноз количества дорожно-транспортных происшествий на платных автомобильных дорогах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2023. С. 24-36
Bryzgalov V.I., Karpushko M.O., Burgonutdinov A. M. Forecast of the number of road accidents on toll roads // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urban Studies. 2023. P. 24-36.
13. Система контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов (СКДФ). URL: <https://скдф.рф/roads/89830> (дата обращения: 06.11.2024)
System of control over the formation and use of road funds. URL: <https://скдф.рф/roads/89830> (reference date: 06.11.2024)
14. Брызгалов В.И., Карпушко М.О. Анализ эффективности развития сети платных автомобильных дорог на территории Пермского края // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. С. 23-36
Bryzgalov V.I., Karpushko M.O. Analysis of the efficiency of toll road network development in Perm region // Transport. Transport structures. Ecology 2020. P. 23-36.
15. Цены, инфляция: Минфин России. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения: 06.11.2024)
Prices, inflation: Ministry of Finance of Russia. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (reference date: 06.11.2024).

Информация об авторах

Владислав Игоревич Брызгалов, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация
E-mail: vladislavbryzgalov@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0752-4037

Information about the authors

Vladislav I. Bryzgalov, Post-graduate student, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation
E-mail: vladislavbryzgalov@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0752-4037