

Скоробогатченко Д.А., Засорина Г.Д. Технико-экономическое обоснование строительства автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения на основании из переуплотненного грунта // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 121–133. DOI: 10.15593/2224-9826/2019.1.12

Skorobogatchenko D.A., Zazorina G.D. Feasibility study for the construction of roads with low traffic intensity on the basis of over compacted soil. *Bulletin of PNRPU. Construction and Architecture*. 2019. Vol. 10. No. 1. Pp. 121-133. DOI: 10.15593/2224-9826/2019.1.12



**ВЕСТНИК ПНИПУ.  
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**  
Т. 10, № 1, 2019  
**PNRPU BULLETIN.  
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**  
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.1.12

УДК 625.814

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ ИЗ ПЕРЕУПЛОТНЕННОГО ГРУНТА**

**Д.А. Скоробогатченко, Г.Д. Засорина**

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 27 октября 2018  
Принята: 23 декабря 2018  
Опубликована: 29 марта 2019

#### *Ключевые слова:*

прогнозирование ровности покрытия, автомобильные дороги, международный индекс ровности IRI, многофакторный корреляционно-регрессионный анализ, переуплотненный грунт.

### АННОТАЦИЯ

Работа посвящена технико-экономическому обоснованию строительства автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения. Предлагаемое к сравнению проектное решение представляет собой конструкцию дорожной одежды, в которой функцию щебеночного основания выполняет переуплотненный мелкодисперсный грунт. В Волгоградской области мелкодисперсные глинистые грунты (супеси, суглинки) занимают значительную часть площади. В связи с этим технико-экономическое обоснование строительства автомобильных дорог сельскохозяйственного назначения с использованием в конструкции переуплотненных грунтов данного типа имеет чрезвычайно важное социально-экономическое значение. Предлагаемая методика технико-экономической оценки основана на определении фактического прочностного ресурса дорожных конструкций на основе прогнозирования изменения продольной ровности покрытий. В основе методики прогнозирования лежит совершенствование известной линейной многофакторной модели, прогнозирующей изменение международного индекса ровности IRI (International Roughness Index) в зависимости от интенсивности движения и начального состояния покрытия, за счет включения в нее дополнительных факторов. В качестве факторов предлагается использовать данные о качественном составе транспортного потока, а именно: об уровне воздействия тяжелых грузовых автомобилей, уровне погодно-климатических воздействий на покрытие, а также уровне содержания автомобильных дорог. В качестве инструмента обработки данных предлагается многофакторный линейный регрессионный анализ, реализованный в Excel. Авторами на основании результатов расчетов по данным диагностики опытного участка автомобильной дороги предлагаемой конструкции в Быковском районе Волгоградской области сделан вывод об технико-экономической целесообразности применения предлагаемого проектного решения.

© ПНИПУ

© Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: dmitryskor2004@gmail.com.  
Засорина Галина Дмитриевна – студентка, e-mail: dmitryskor2004@gmail.com.

Dmitrii A. Skorobogatchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: dmitryskor2004@gmail.com.  
Galina D. Zazorina – Student, e-mail: dmitryskor2004@gmail.com.

## FEASIBILITY STUDY FOR THE CONSTRUCTION OF ROADS WITH LOW TRAFFIC INTENSITY ON THE BASIS OF OVER COMPACTED SOIL

D.A. Skorobogatchenko, G.D. Zazorina

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 27 October 2018  
Accepted: 23 December 2018  
Published: 29 March 2019

#### Keywords:

prediction of flatness of coverage, roads, international index of evenness IRI, multivariate correlation and regression analysis, over compacted soil.

### ABSTRACT

The work is devoted to the feasibility study of the construction of motor roads with low traffic. The design solution proposed for comparison is a pavement design in which the role of a crushed stone base is played by an over compacted fine soil. In the Volgograd region, fine clay soils (sandy loam, loam) occupy a significant part of the area. In this regard, the feasibility study for the construction of agricultural roads with the use of re-packed soils of this type in the construction is of extremely important socio-economic importance. The proposed method of technical and economic assessment is based on the determination of the actual strength resource of road structures based on the prediction of changes in the longitudinal evenness of the coatings. The prediction methodology is based on the improvement of the well-known linear multifactor model that predicts a change in the International Roughness Index (IRI), depending on the intensity of movement and the initial state of coverage, by including additional factors. As factors, it is proposed to use data on the qualitative composition of the traffic flow, namely, the level of impact of heavy goods vehicles, the level of weather and climate influences on the surface, as well as the level of road maintenance. As a data processing tool, a multivariate linear regression analysis is proposed implemented in Excel. Based on the results of calculations based on diagnostic data from an experimental section of the road of the proposed construction in the Bykovsky district of the Volgograd region, the authors concluded that the proposed design solution was technically and economically feasible.

© PNRPU

---

## Введение

По мнению ряда исследователей [1], одной из существенных причин снижения эффективности агропромышленного комплекса являются достаточно ощутимые потери при транспортировке сельскохозяйственной продукции [2]. Это вызвано специфическими требованиями, предъявляемыми к дорогам для агропромышленного комплекса. С одной стороны, дороги сельскохозяйственного назначения должны обеспечивать возможность проезда автомобилей разных типов с минимально допустимой скоростью в разные периоды года, с другой – их строительство и содержание не должны требовать значительных затрат [3]. В связи с этим значительную актуальность приобретают вопросы, связанные с уменьшением стоимости строительства и эксплуатации автомобильных дорог низших категорий при обеспечении последними стабильных потребительских свойств [4].

Известно, что на значительной части территории России отсутствуют традиционные дорожно-строительные материалы, такие как щебень и крупнозернистый песок. Качественный битум также зачастую приходится доставлять из регионов с развитой нефтехимической промышленностью. При этом современная ситуация характеризуется постоянным ростом сметной стоимости основных материалов, используемых в дорожном строительстве, а также увеличением тарифов на перевозки. Все это делает актуальным использование грунтобетонов с различного рода органическими и минеральными добавками, обеспечивающими получение надежных конструкций оснований дорог и сооружений [5, 6].

Общую классификацию стабилизаторов грунтов, применяемых при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог низших категорий, в соответствии с нашими исследованиями [7] представим на рис. 1.



Рис. 1. Классификация основных стабилизаторов грунтов для дорог, применяемых при строительстве автомобильных дорог низших категорий  
Fig. 1. Classification of the main soil stabilizers for roads used in the construction of roads of lower categories

Однако в соответствии со строительными правилами по автомобильным дорогам СП 78.13330.2012, во избежание загрязнения почвы, применение органических и неорганических вяжущих веществ в конструкциях дорожной одежды автомобильных дорог низших категорий сельскохозяйственного назначения существенно ограничено. При этом установлено, что важнейшим аспектом жизненного цикла дороги является стабильность работы системы «рабочий слой земляного полотна – дорожная одежда». Выходом из сложившейся ситуации является применение глинистых грунтов, преобладающих во многих регионах России [8], стабилизация которых достигается применением технологии переуплотнения во влажном состоянии при оптимальной влажности [9]. В целях практического применения в дорожном строительстве запатентованной авторами технологии необходимо осуществить технико-экономическое обоснование предлагаемых решений в сравнении с традиционно применяемыми. Одним из аспектов, представляющих научный интерес при реализации технико-экономического обоснования, является прогнозирование сроков службы дорожных одежд предлагаемой конструкции.

Таким образом, целью данной работы является технико-экономическое обоснование применения технологии строительства автомобильных дорог низших категорий сельскохозяйственного назначения на основе разработки методики прогнозирования фактического срока службы конструкций дорожных одежд.

## **Моделирование срока службы дорожных одежд и экономическая оценка предлагаемых проектных решений**

В целях технико-экономического обоснования различных вариантов проектных решений необходимо располагать затратами и жизненными циклами сравниваемых проектов. Располагая данными о конструкции дорожных одежд, проектные затраты достаточно легко определить, используя соответствующую методику сметного ценообразования в строительстве. Расчет жизненных циклов проектов применительно к конструкциям дорожных одежд базируется на определении фактических сроков службы автомобильных дорог. Таким образом, технико-экономическое обоснование проектных решений сводится к задаче прогнозирования фактических сроков службы покрытий, традиционно применяемых при строительстве дорог сельскохозяйственного назначения с малой интенсивностью, а также покрытий с упрощенной конструкцией на переуплотненном грунте с последующим сравнением приведенных затрат рассматриваемых вариантов.

Известно, что межремонтные сроки службы автомобильных дорог назначаются в зависимости от их технической категории, расчетной интенсивности движения и типа покрытия. Фактические значения межремонтных сроков устанавливаются на основе прочностных характеристик покрытия или соответствующих им показателей продольной ровности при соответствующем уровне надежности, определяемом также исходя из категории дороги. Следовательно, при прогнозировании сроков службы покрытий при различных вариантах проектных решений в первую очередь необходимо исходить из категории автомобильных дорог и конструкции дорожной одежды. В соответствии с нормами межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд (ВСН 41–88) расчетный срок службы дорожной одежды – это период времени, в пределах которого снижается несущая способность (коэффициент прочности) дорожной конструкции до уровня, при котором достигается расчетная надежность дорожной одежды и соответствующее ей предельное состояние покрытия по ровности.

Традиционно применяемые в Волгоградской области проектные решения при строительстве автомобильных дорог сельскохозяйственного назначения с низкой интенсивностью характеризуются 4–5-й технической категорией с облегченным или переходным типом покрытия (рис. 2, а).

Экспериментальный участок дороги «Самара – Пугачев – Энгельс – Волгоград – Победа – Солдатское – Степное – Катричев – Маяк Октября» ПК 129+40 – ПК 139+40 в Быковском муниципальном районе Волгоградской области в соответствии с паспортом относится к пятой технической категории с облегченным типом покрытия из асфальтобетона (рис. 2, б).

В соответствии с ВСН 41–88 при решении практических задач, связанных с оценкой фактических сроков службы нежестких дорожных одежд, руководствуются предельно допускаемыми эксплуатационными состояниями покрытия по ровности в зависимости от уровня надежности дорожной одежды. Для облегченных покрытий автомобильных дорог 4–5-й технических категорий установлен уровень надежности 0,83, и ему соответствует предельная ровность 295 см/км по прибору ТХК-2, установленному на автомобиль УАЗ, расчетный срок службы рекомендуется принимать 8–10 лет.

Однако фактически рассматриваемая автомобильная дорога представляет собой дорогу с низкой интенсивностью движения, обеспечивающей связь между подъездами и дорогами

более высоких категорий. Вопросы, связанные с такими дорогами, регулируются Методическими рекомендациями по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения (ОДМ 218.2.017–2011). В соответствии с данным документом рассматриваемая дорога и аналогичные ей альтернативы, традиционно применяемые в качестве проектных вариантов, относятся к категориям IVА–р, IVА–п, IVБ–р, IVБ–п, VA с облегченным типом покрытия и расчетными межремонтными сроками в 8 лет. Кроме этого, в ОДМ 218.2.017–2011 указано, что автомобильные дороги, характеризующиеся среднегодовой суточной интенсивностью движения не более 400 авт./сут, относят к дорогам IV технической категории. Для оценки сроков службы таких дорог рекомендуется использовать руководство [10]. Данный документ для автомобильных дорог 4-й технической категории устанавливает 10-летний расчетный период до капитального ремонта при уровне надежности 0,85. Примечательно, что в документе оценка фактического состояния покрытия в конце срока службы автомобильной дороги представлена международным индексом ровности IRI, значение которого должно составлять не более 8,4 м/км для данного уровня надежности. При этом известно, что расчетный (проектный) срок службы не может совпадать с расчетным межремонтным сроком службы дорожной одежды [11].

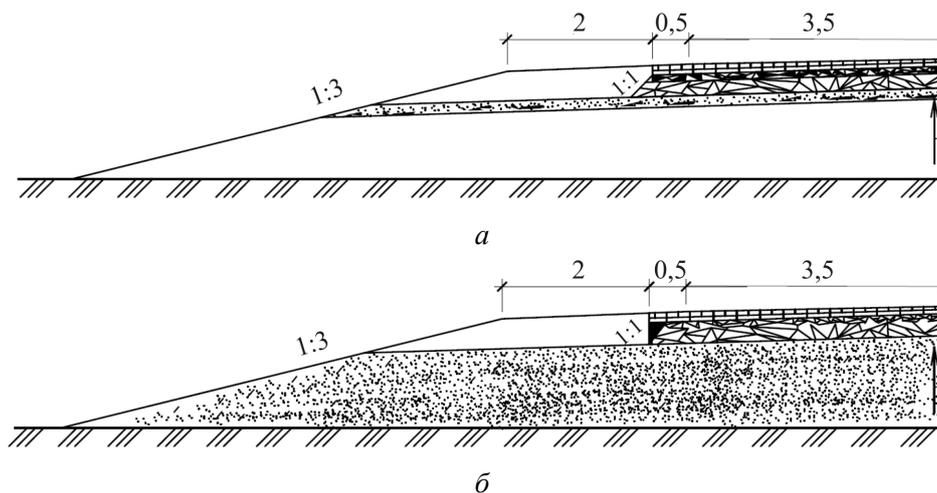


Рис. 2. Конструкции альтернативных вариантов дорожных одежд для проведения технико-экономического обоснования: *а* – традиционно применяемая в Волгоградской области; *б* – опытная конструкция на основании из переуплотненного глинистого грунта  
 Fig. 2. Designs of alternative variants of road clothes for carrying out the feasibility study: *a* – traditionally used in the Volgograd region; *b* – experimental design on the basis of the re-compacted clay soil

В соответствии с методичностью исследований, изложенной в [12], на основе корреляционно-регрессионного анализа с использованием в качестве данных результатов диагностики автомобильных дорог авторами построены пятифакторные модели, прогнозирующие изменения продольной ровности покрытия, оцениваемой международным индексом ровности (IRI):

– для автомобильных дорог с низкой интенсивностью и упрощенной конструкцией дорожной одежды, устраиваемой на переуплотненном грунте

$$IRI = 1,41 - 0,0049 \cdot IRI_0 + 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot N + 0,554 \cdot t + 0,0261 \cdot K + 0,0182 \cdot M + 6,1 \cdot 10^{-4} \cdot Tr; \quad (1)$$

– для автомобильных дорог с низкой интенсивностью и традиционной конструкцией дорожной одежды

$$\begin{aligned} \text{IRI} = & 1,69 - 0,0049 \cdot \text{IRI}_0 + 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot N + 0,742 \cdot t + 0,0681 \cdot K + \\ & + 0,179 \cdot M + 6,1 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Tr}. \end{aligned} \quad (2)$$

Результаты вычислений по представленным моделям вместе со стандартной моделью прогнозирования IRI из [13] представлены на рис. 3.



Рис. 3. Прогноз изменения продольной ровности на основе индекса IRI конструкций дорожных одежд, применяемых при строительстве автомобильных дорог сельскохозяйственного назначения с низкой интенсивностью движения  
Fig. 3. Forecast of changes in longitudinal evenness on the basis of the IRI index of designs of expensive clothes used in the construction of agricultural roads with low traffic

Проанализируем полученные результаты. График изменения ровности дорожной одежды на переуплотненном грунте имеет более крутой наклон, что свидетельствует о меньшем сроке службы данной конструкции по сравнению со стандартной. Если обратить внимание на функцию IRI, прогнозирующую изменение ровности конструкции на переуплотненном грунте, то коэффициенты, стоящие перед переменными «содержание», «воздействие климата» и «межремонтный период», для конструкции на переуплотненном грунте выше. Физически это обусловлено тем, что упрощенная конструкция более требовательна к обслуживанию и в большей степени подвержена влиянию негативных погодных-климатических факторов.

Традиционная трехфакторная модель использует в качестве факторов данные, не отличающиеся в альтернативных вариантах, в связи с чем полученный график прогнозируемых значений ровности представляет собой среднюю линию.

Поскольку в строительных нормах для оценки продольной ровности значения показателей даны для толчкомера ТХК-2 на базе автомобиля УАЗ, а предлагаемая модель использует оценку ровности по индексу IRI, необходимо осуществить последовательный переход в оценке ровности от индекса от IRI к показаниям по ТХК-2. В методических рекомендациях ОДМ 218.11.001–2015 приведены калибровочные зависимости между значениями показателя IRI и соответствующими значениями по толчкомеру конструкции РосдорНИИ ИВП-1м. Поменяв местами зависимую и независимую переменную, получили зависимость продольной ровности оцениваемой толчкомером ИВП-1м в функции от индекса IRI. В справочной энциклопедии дорожника [14] дана корреляционная зависимость между показателями толчкомера ТХК-2 и ИВП-1м:

$$S_{\text{ТХК-2}} = 0,208 \cdot (0,83 \cdot S_{\text{ИВП}} + 20,245)^{1,259}. \quad (3)$$

Данная формула позволяет определить соответствующие значения ровности по ТХК-2 и на их основе получить линейную регрессию для калибровки значений по толчкомеру ТХК-2 в зависимости от значения индекса IRI (коэффициент корреляции равен 0,99). Результаты расчетов по зависимости (4) представлены на рис. 4.

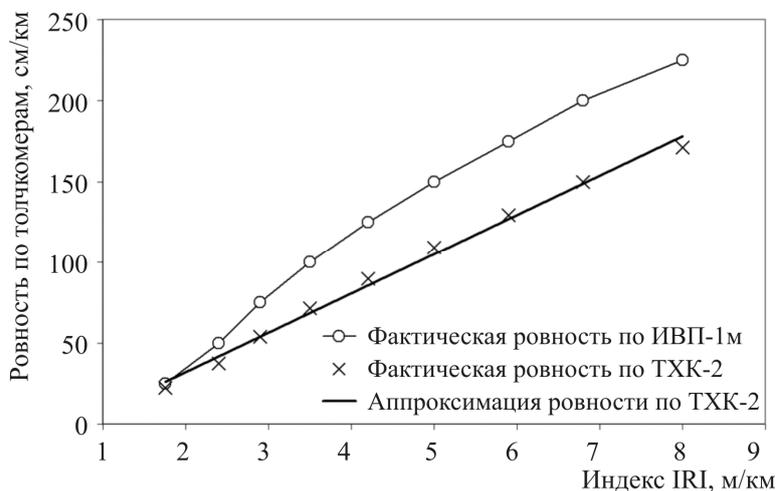


Рис. 4. Переход к показателям толчкомера ТХК-2 в функции от значений индекса IRI  
Fig. 4. The transition to performance tolkamer TKhK-2 as a function of the values of the index IRI

На основании полученной зависимости значения показателей индекса IRI были приведены к значениям по ТХК-2 (рис. 5) вместе с предельным значением ровности, определяющим фактический срок службы покрытия до капитального ремонта при соответствующем уровне надежности. Очевидно, что значения показателей ровности традиционно применяемых конструктивных решений дорожной одежды не достигают предельных даже на десятый год эксплуатации, что не соответствует данным СП 78.13330.2012 и реальным условиям работы подобных конструкций.



Рис. 5. Оценка срока службы покрытия по показателю продольной ровности на основании перевода значений индекса IRI к показателям по ТХК-2 через ИВП-1м  
Fig. 5. Assessment of the service life of the coating on the indicator of longitudinal evenness on the basis of the translation of the IRI index values to the indicators of TKhK-2 through IVP-1m

Опытная дорога, как следует из графика (см. рис. 5), требует проведения капитального ремонта на десятый год эксплуатации, что также не соответствует фактическому состоянию дел.

В действительности на экспериментальном участке автомобильной дороги «Самара – Пугачев – Энгельс – Волгоград – Победа – Солдатское – Степное – Катричев – Маяк Октября» ПК 129+40 – ПК 139+40 в Быковском муниципальном районе Волгоградской области за пятилетний период эксплуатации при интенсивности движения менее 100 авт./сут образовались дефекты в виде продольных и поперечных трещин с величиной раскрытия до 2 см и сетки трещин, в результате проникновения влаги в основание из переуплотненного грунта и его разуплотнения (рис. 6). Работы по устранению образовавшихся дефектов не привели к их локализации, и трещины продолжают образовываться и в настоящее время.



Рис. 6. Фактическое состояние экспериментального участка автомобильной дороги с конструкцией покрытия на основании из переуплотненного грунта в Быковском районе Волгоградской области

Fig. 6. The actual state of the experimental section of the road with the construction of the coating on the basis of re-compacted soil in the Bykov district of the Volgograd region

Для получения адекватной действительности системы перевода значений индекса IRI к показателям толчкомера ТХК-2 авторами использованы данные по предельному значению индекса IRI. В результате получена картина, в большей степени соответствующая реальному положению (рис. 7).

В соответствии с прогнозом снижения ровности, экспериментальный участок автомобильной дороги с покрытием, устраиваемом на основании из переуплотненного грунта, потребует проведения капитального ремонта после 5 лет эксплуатации. Срок службы стандартной конструкции составит 9 лет. Эти данные вполне согласуются с фактическими, полученными в ходе диагностики в соответствии методикой, изложенной в [15].

На основании полученных результатов авторами составлена линейная регрессия для перевода значений продольной ровности, оцениваемых индексом IRI к показателям по толчкомеру ТХК-2:

$$S_{\text{ТХК-2}} = 24,332 \cdot S_{\text{IRI}} - 16,631. \quad (4)$$

Далее на основе [16] выполнялось технико-экономическое обоснование вариантов дорожных конструкций. При проведении обоснования сметно-финансовые расчеты осущест-

влялись ресурсным методов по данным РЦЦС на 3-й квартал 2018 г. в расчете на 1 км автомобильной дороги. Конструкции сравниваемых вариантов приняты в соответствии с рис. 2, 8. Срок сопоставления дисконтированных затрат и эффектов принимался 9 лет. По варианту на переуплотненном грунте затраты приняты возобновляемыми через 4 года. Это было вызвано требованием методики ОДН 218.0.006–2002 – необходимостью поддерживать покрытие в относительно хорошем состоянии из условия обеспечения максимальной эксплуатационной эффективности работ при оптимальной минимизации затрат на выполнение работ. Коэффициент дисконтирования принят на уровне 12 %.



Рис. 7. Оценка срока службы покрытия по ровности на основе применения индекса IRI  
Fig. 7. The assessment of life cover for flatness on the basis of the application of the index IRI

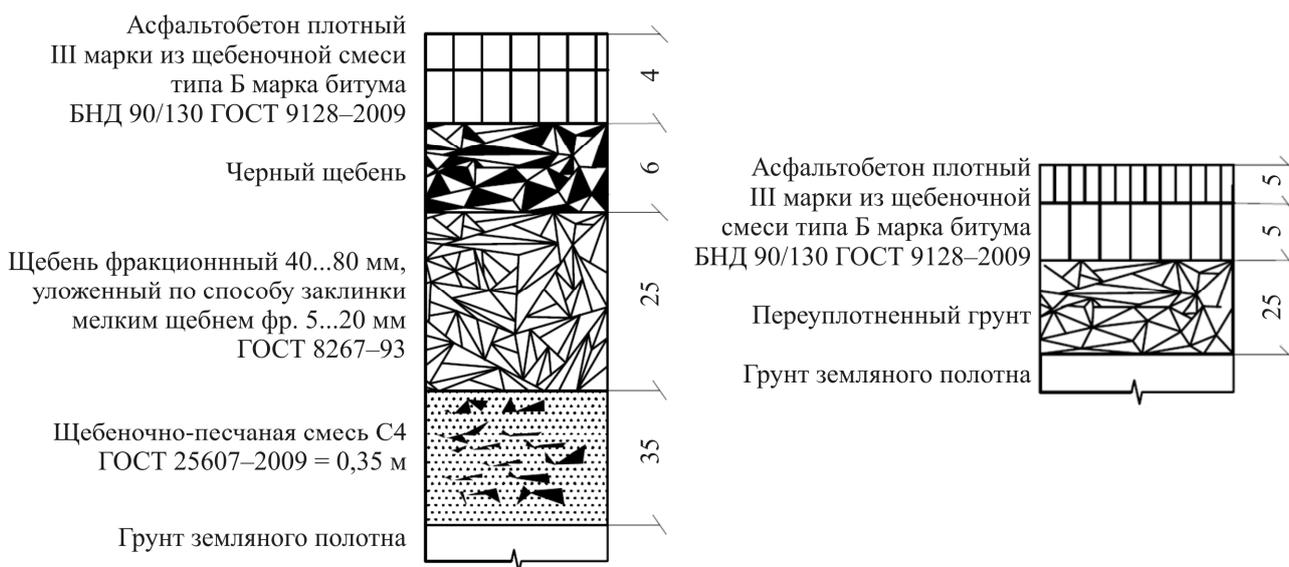


Рис. 8. Альтернативные конструкции для проведения технико-экономического сравнения вариантов  
Fig. 8. Alternative designs for technical and economic comparison of options

В результате установлено, что в девятилетнем горизонте сравнения относительная экономическая эффективность варианта конструкции покрытия на основании из переуплотненного грунта (расчетный прогнозируемый срок эксплуатации 4 года) относительно традиционно принимаемого классического варианта (расчетный прогнозируемый срок эксплуатации 9 лет) составляет 15 %, или 3 млн руб. на удельный километр дороги. Ежегодный удельный относительный экономический эффект составляет порядка 334 тыс. руб. При увеличении периода сравнения дисконтированных затрат эффект имеет тенденцию к увеличению.

## **Заключение**

На основании проделанных расчетов можно сделать вывод, что авторами проведено технико-экономическое обоснование применения технологии строительства автомобильных дорог низших категорий сельскохозяйственного назначения на основе разработки методики прогнозирования фактического срока службы конструкций дорожных одежд, а именно:

1. Предложена калибровочная зависимость, позволяющая перейти от значений ровности покрытия, оцениваемых международным индексом IRI, к показателям по толчкомеру ТХК-2, на основании значений которых устанавливаются межремонтные сроки по существующей нормативно-технической документации. Данная зависимость позволит обоснованно планировать очередность и виды ремонтных работ, обеспечивая эффективное распределение финансовых и материальных ресурсов.

2. Представлена многофакторная корреляционная модель для прогнозирования продольной ровности покрытия с целью определения фактического срока службы автомобильных дорог низших категорий сельскохозяйственного назначения, позволяющая уточнять срок службы с учетом изменения режима эксплуатации дорожной конструкции (величина нагрузки, интенсивность движения, климат).

3. Выполнено технико-экономическое обоснование применения технологии строительства автомобильных дорог низших категорий сельскохозяйственного назначения на основании из переуплотненного глинистого грунта. Удельный экономический эффект строительства автомобильных дорог с подобной конструкцией дорожной одежды составляет до 3 млн руб. на километр, а относительная экономическая эффективность – до 15 % по сравнению с традиционной конструкцией.

## **Библиографический список**

1. Мартынушкин А.Б. Актуальные проблемы развития экономики сельского хозяйства России // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2011. – № 2. – С. 91–95.

2. Ярмолинский В.А., Каменчуков А.В. Выбор оптимальных методов ремонта покрытия автомобильных дорог Хабаровского края // Третий Всероссийский дорожный конгресс «Модернизация и научные исследования в дорожной отрасли»: сб. науч. тр. / МОО «Дорож. Конгресс», МАДИ. – М.: ТехПолиграф-Центр, 2013. – С. 60–69.

3. Казарновский В.Д. Расчетный срок службы и уровень надежности при расчете дорожных одежд на прочность // Транспортное строительство. – 2007. – № 1. – С. 72–73.

4. Каменчуков А.В. Вопросы повышения качества сельскохозяйственных дорог // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 12 (66). – С. 91–95.
5. Возможности обеспечения качества сельских дорог за счет внедрения грунтобетона с микро армирующими и органоминеральными добавками / А.П. Пичугин, А.С. Денисов, В.А. Гришина, И.К. Язиков, М.Г. Алешкевич // Инновации и продовольственная безопасность. – 2014. – № 4 (14). – С. 7–15.
6. Тарасова М.В., Троценко И.А. Техничко-экономическая эффективность применения различных грунтов, укрепленных цементом, в АПК // Вестник ОмГАУ. – 2016. – № 4 (24). – С. 259–264.
7. Скоробогатченко Д.А., Засорина Г.Д. Обеспечение проезжаемости сельскохозяйственных дорог на основе применения переуплотненных грунтов, армированных отходами агропромышленного производства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – № 51 (70). – С. 92–102.
8. Боровик В.С., Алексиков С.В. Дорожные основания из переуплотненного грунта в условиях Нижнего Поволжья // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2003. – № 3. – С. 35–36.
9. Конструкция дорожной одежды для временных дорог сельскохозяйственного назначения: пат. 2596164 Рос. Федерация / Боровик В.С., Боровик В.В., Засорина Г.Д., Боровик А.В. – № 2015128739/03; заявл. 14.07.2015; опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24. – 6 с.
10. Книга линейного работника дорожного хозяйства / ФГУП «Информавтодор». – М., 2009. – 368 с.
11. Pannu A. Effect of Soil Stabilization in Construction of Roads and strength improvement // International Journal of All Research Education and Scientific Methods. – URL: <http://www.ijaresm.com/effect-of-soil-stabilization-in-construction-of-roads-and-strength-improvement> (дата обращения: 26.11.2018).
12. Скоробогатченко Д.А., Забазнов А.С. Прогнозирование ровности покрытия автомобильных дорог с учетом погодно-климатического воздействия и уровня работ по содержанию // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 9, № 2. – С. 98–109. DOI: 10.15593/2224-9826/2018.2.09
13. Gulen S., Woods R., Weaver J. Correlation of Pavement Serviceability Rating with International Roughness Index // Transportation Research Record. – 1994. – P. 1435.
14. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. А.П. Васильева. – М.: Информавтодор, 2004. – 1129 с.
15. Апестин В.К., Стрижевский А.М. О межремонтных сроках службы дорожных одежд и покрытий на основе технико-экономических расчетов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 2. – С. 11–19.
16. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2009. – 352 с.

## References

1. Martynushkin A.B. Aktual'nyye problemy razvitiya ekonomiki sel'skogo khozyaystva Rossii [Actual problems of development of economy of agriculture of Russia]. *Vestnik Ryazan-*

skogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2011, no. 2, pp. 91–95.

2. Yarmolinskiy V.A., Kamenchukov A.V. Vybor optimal'nykh metodov remonta pokrytiya avtomobil'nykh dorog Khabarovskogo kraja [The choice of optimal methods of repair of a covering of highways of Khabarovsk Region]. *Tretiy Vserossiyskiy dorozhnyy kongress «Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v dorozhnoy otrasli»*. Sbornik nauchnykh trudov. Moscow, TekhPoligraf-Tsentr, 2013, pp. 60–69.

3. Kazarnovskiy V.D. Raschetnyy srok sluzhby i uroven' nadezhnosti pri raschete dorozhnykh odezhd na prochnost' [Design life and level of reliability in the calculation of pavement strength]. *Transportnoye stroitel'stvo*, 2007, no. 1, pp. 72–73.

4. Kamenchukov A.V. Voprosy povysheniya kachestva sel'skokhozyaystvennykh dorog [Issues of improving the quality of agricultural roads]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2018, no. 12 (66), pp. 91–95.

5. Pichugin A.P., Denisov A.S., Grishina V.A., YAzikov I.K., Aleshkevich M.G. Vozmozhnosti obespecheniya kachestva sel'skikh dorog za schet vnedreniya gruntobe-tona s mikro armiruyushchimi i organomineral'nymi dobavkami [Opportunities to ensure the quality of rural roads through the introduction of soil concrete with micro-reinforcing and organomineral additives]. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2014, no. 4 (14), pp. 7–15.

6. Tarasova M.V., Trotsenko I.A. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya razlichnykh gruntov, ukreplennykh tsementom, v APK [Technical and economic efficiency of application of various soils reinforced with cement in agriculture]. *Vestnik OmGAU*, 2016, no. 4 (24), pp. 259–264

7. Skorobogatchenko D.A., Zazorina G.D. Obespecheniye proyezzhayemosti sel'skokhozyay-stvennykh dorog na osnove primeneniya pereuplotnennykh gruntov, armirovannykh otkhodami agropromyshlennogo proizvodstva [Ensuring proezzhaemosti agricultural roads on the basis of application is overstocked soil reinforced with waste agricultural production]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2018, no. 51 (70), pp. 92–102.

8. Borovik V.S., Aleksikov S.V. Dorozhnyye osnovaniya iz pereuplotnennogo grunta v usloviyakh Nizhne-go Povolzh'ya [Road bases from the over-compacted soil in the conditions of the Lower Volga region]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*, 2003, no. 3, pp. 35–36.

9. Borovik V.S., Borovik V.V., Zazorina G.D., Borovik A.V. Konstruktsiya dorozhnoy odezhdyy dlya vremennykh dorog sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Construction of road pavement for temporary roads for agricultural purposes]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2596164 (2016).

10. Kniga lineynogo rabotnika dorozhnogo khozyaystva [The book of the linear worker of road economy]. Moscow, FGUP «Informavtodor», 2009, 368 p.

11. Pannu A. Effect of soil stabilization in construction of roads and strength improvement. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods*. available at: <http://www.ijaresm.com/effect-of-soil-stabilization-in-construction-of-roads-and-strength-improvement> (accessed 26 November 2018).

12. Skorobogatchenko D.A., Zabaznov A.S. Prognozirovaniye rovnosti pokrytiya avtomobil'nykh dorog s uchetom pogodno-klimaticheskogo vozdeystviya i urovnya rabot po sodержaniyu [Forecasting the smoothness of the coverage of motor roads, taking into account the weather and climate impact and the level of work on the content]. *Vestnik Permskogo natsional-*

nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. *Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2018, vol. 9, iss. 2, pp. 98–109. DOI: 10.15593/2224-9826/2018.2.09.

13. Gulen S., Woods R., Weaver J. Correlation of pavement serviceability rating with International Roughness Index. *Transportation Research Record*, 1994, pp. 1435.

14. Spravochnaya entsiklopediya dorozhnika. T. 2. Remont i sodержaniye avtomobil'nykh dorog [Reference encyclopedia road Builder. Vol. 2. Repair and maintenance of roads]. Ed. A.P. Vasil'yev. Moscow, Informavtodor, 2004, 1129 p.

15. Apestin V.K., Strizhevskiy A.M. O mezhremontnykh srokakh sluzhby dorozhnykh odezhd i pokrytiy na osnove tekhniko-ekonomicheskikh raschetov [About inter-repair service life of road clothes and coverings on the basis of technical and economic calculations]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*, 2008, no. 2, pp. 11–19.

16. Sil'yanov V.V., Domke E.R. Transportno-ekspluatatsionnyye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits [Transport and operational quality of roads and city streets]. 3rd. ed. Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2009, 352 p.