

## РАБОЧАЯ ГИПОТЕЗА РИТМИЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ЕЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

Д.В. Бурмистров<sup>1</sup>, А.В. Скрыпников<sup>1</sup>, В.Г. Козлов<sup>2</sup>, Р.В. Могутнов<sup>1</sup>, М.А. Абасов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, д. 19

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1

burmistrdv@mail.ru

Показано, что имеющиеся резервы повышения эффективности, дорожно-строительного производства могут быть приведены в действие путем совершенствования существующих и разработки новых методов организации и планирования ритмичного дорожного строительства. Разработка новых, эффективных методов организации и планирования работ не только способствует достижению высоких производственных показателей, но и играет решающую роль в деле повышения темпов строительства, улучшения его качества и является неотъемлемой частью внедрения новой системы планирования и экономического стимулирования. Существующие в настоящее время показатели ритмичности не в полной мере соответствуют требованиям критерия оптимальности принятия организационно-плановых решений. Авторы предлагают различать годовую и производственную ритмичность, которые являются критериями оценки деятельности соответственно в течение всего года и во время выполнения работ по сооружению отдельных объектов за определенный период. В качестве основных теоретических предпосылок, обуславливающих моделирование системы «дорожное строительство», приняты принципы формализации сложных вероятностных систем, оптимизация параметров которых возможна с применением системного анализа, теории вероятностей, исследования операций и их статистического анализа. На основе разработанной общей динамической модели строительства лесовозных автомобильных дорог возможно построение экономико-математических и организационно-технологических моделей, позволяющих установить оптимальное соответствие различных элементов системы и исследовать методы организации и планирования дорожно-строительного производства.

**Ключевые слова:** дорога, строительство, методы организации, планирование, ритмичность

**Ссылка для цитирования:** Бурмистров Д.В., Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Могутнов Р.В., Абасов М.А. Рабочая гипотеза ритмичного строительства лесовозных автомобильных дорог и ее экономико-математическое развитие // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 5. С. 69–76. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-69-76

Имеющиеся в дорожно-строительном производстве резервы повышения его эффективности могут быть приведены в действие путем совершенствования существующих и разработки новых эффективных методов организации и планирования ритмичного дорожного строительства.

Некоторые специалисты считают, что успешное выполнение годового плана зависит от «принятия таких организационно-технических мер, которые бы способствовали более ритмичному выполнению плана строительно-монтажных работ» [1, 2]. В ряде работ отмечается, что переход к новой системе ритмичной работы требует в корне изменить подход к планированию объемов работ, выработать принципиально новые формы и методы организации работ. Поэтому разработка новых, эффективных методов организации и планирования работ не только позволяет достичь высоких производственных показателей, но и играет решающую роль в деле повышения темпов строительства, улучшения его качества и является неотъемлемой частью внедрения новой системы планирования и экономического стимулирования [1–4].

### Цель работы

Цель работы — на основе разработанной общей динамической модели строительства лесовозных автомобильных дорог построить экономико-математические и организационно-технологические модели, позволяющие установить оптимальное соответствие различных элементов системы и исследовать методы организации и планирования дорожно-строительного производства.

### Материалы и методы

Существующая в дорожном строительстве аритмия является следствием воздействия на него различных случайных факторов, влияние которых на производство носит вероятностный характер. В зависимости от масштаба и интенсивности влияния этих факторов на дорожно-строительное производство их можно подразделить на две группы — факторы внешние и внутренние.

К внешним отрицательным факторам следует отнести такие, которые вызывают аритмию

дорожно-строительного производства вообще и в большей мере зависят от координации работы данной дорожно-строительной организации с работой вышестоящих организаций. Они являются следствием неслаженности функционирования составляющих дорожно-строительное производство элементов, т. е. несоответствия структуры и функций управления производственным нуждам, недостаточно точной координации и отсутствия тесной связи между производственными подразделениями. Сюда же относятся неслаженность и недостатки в организации строительства, проявляющиеся в нарушении оптимальных пропорций между имеющимися ресурсами, объемами работ и временем их выполнения [5–7].

Внутренними отрицательными факторами являются организационные, технические, технологические, производственные и др., которые влияют на ход протекания работ в пределах фронта их выполнения (рабочего места, рабочей зоны). К наиболее характерным из них относятся: нерациональные методы производства; недостатки в комплектовании рабочих бригад и звеньев; недостатки в организации труда и производства; нарушение ритма материально-технического снабжения; поломки дорожно-строительных машин и механизмов; нарушения трудовой и производственной дисциплины и т. д.

Вероятностное проявление влияния различных групп факторов на ход строительства лесовозных автомобильных дорог необходимо учитывать одним обобщающим показателем, который являлся бы наиболее эффективным критерием оптимальности принятия организационно-плановых решений.

Критерий оптимальности принятия решений по организации и планированию строительства лесовозных автомобильных дорог должен:

- однозначно определять влияние случайных факторов на ход производства;
- отражать изменение всех параметров и показателей производства при изменяющихся условиях;
- комплексно отражать принятие решений как по организации, так и по планированию одних и тех же работ;
- использоваться как на стадии проектирования производства, так и для анализа и оперативного управления ходом строительства.

Наиболее распространенными критериями принятия решений по организации и планированию в строительстве являются: уровень организации труда и производства, надежность, ритмичность. Все критерии в какой-то мере отражают влияние случайных факторов на ход развития производства и с успехом применяются на стадии его анализа, однако они не лишены определенных недостатков [8–11].

Основным недостатком критерия уровня организации труда и производства является то, что он представляет собой интегральный показатель различных сфер деятельности. Вследствие этого он неоднозначно определяет влияние случайных факторов на ход производства, не всегда удобен для проектирования организационно-плановых решений и оперативного управления ходом строительства.

## Результаты и обсуждение

Оценка решений по критерию ритмичности в большей степени отвечает всем вышеперечисленным требованиям критерия оптимальности. Поэтому исследование и моделирование оптимальных методов организации и планирования строительства лесовозных автомобильных дорог должны базироваться на применении ритмичности в качестве критерия оптимальности на всех стадиях и для всех показателей деятельности [12–14].

Существующие в настоящее время показатели ритмичности не в полной мере соответствуют перечисленным требованиям критерия оптимальности принятия организационно-плановых решений. Исходя из приведенной выше классификации случайных факторов, мы предлагаем различать годовую ритмичность  $P_r$  и производственную ритмичность  $P_{п}$ , которые являются критериями оценки деятельности соответственно в течение всего года и во время выполнения работ по сооружению отдельных объектов за определенный период.

Понятие «ритмичность» нельзя отождествлять с понятием «равномерность». Равномерность — это частный случай ритмичности, когда в фактическом выполнении работ соблюдается постоянство объемов выпуска продукции при равномерном потреблении трудовых и материально-технических ресурсов за этот же период. Под *годовой ритмичностью* следует понимать точное соблюдение предусмотренных календарным планом пропорций выполнения дорожно-строительных работ, основанных на четкой координации всех участников дорожно-строительного производства. Под *производственной ритмичностью* следует понимать соблюдение объемных и ресурсных пропорций производства отдельных видов работ в их совокупности и непрерывной последовательности при оптимальном взаимодействии звеньев и бригад, выполняющих строительные процессы.

Годовая ритмичность дорожного строительства как обобщающий критерий группы факторов, влияющих на ход строительства в течение всего периода сооружения объекта, определяется как степень соответствия фактических объемов работ запланированным (возможным).

Определение экстремальных величин годовой ритмичности по годам анализа производственно-хозяйственной деятельности основывается на построении экономико-математической модели годового планирования объемов работ. Установление зависимостей между годовой ритмичностью и экономическими показателями деятельности организации с течением времени (в годах) позволяет проводить перспективное планирование рациональных квартальных объемов работ на тот или иной год строительства, выявлять наиболее напряженные периоды [15, 16].

Применение производственной ритмичности в качестве критерия оптимальности принятия организационно-плановых и технологических решений, обеспечивающих ритмичное выполнение запланированных квартальных и годовых объемов работ, базируется на разработке единой универсальной организационно-технологической модели. Расчет пространственных и временных параметров организационно-технологических моделей по критериям производственной ритмичности предполагает вероятностный характер развития производства и основан на принципах статического моделирования отдельных процессов.

Таким образом, можно выделить следующие основные положения рабочей гипотезы исследования и моделирования оптимальных методов организации и планирования строительства лесовозных автомобильных дорог:

1) динамика дорожного строительства определяется влиянием на его ход ряда случайных факторов;

2) в качестве критерия оптимальности, отражающего динамику производства и определяющего эффективность принятия организационно-плановых решений, выступает ритмичность;

3) разработку оптимальных методов организации и планирования наиболее целесообразно осуществлять на основе единых экономико-математических и организационно-технологических моделей строительства лесовозных автомобильных дорог.

Решение задач, связанных с проектированием рациональной организации и планированием строительства лесовозных автомобильных дорог по критериям годовой и производственной ритмичности, в первую очередь направлено на совершенствование и повышение эффективности производства в целом, особенно в пределах фронта дорожно-строительных работ. Как известно, фронт работ комплексного потока представляет собой совокупность дорожно-строительных процессов, осуществляемых в непрерывной технологической последовательности [17, 18].

Рациональное и эффективное выполнение требуемой совокупности дорожно-строительных процессов, их оптимальное протекание обус-

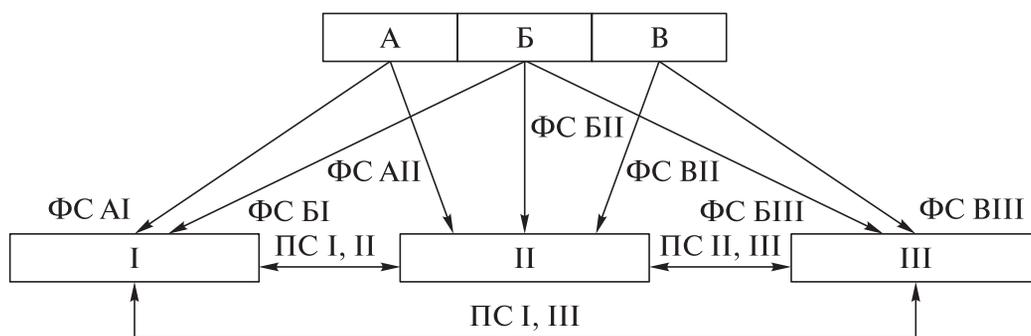
ловливается влиянием разных факторов, изменяющимися условиями производства работ, наличием различных комбинаций организационных и плановых решений и др. Все это, вместе взятое, приводит к тому, что зависимости, характеризующие взаимодействие и увязку дорожно-строительных процессов в динамике их развития, очень сложны и разнообразны и требуют многовариантного решения отдельных производственных задач строительства лесовозных автомобильных дорог.

Несмотря на сложность решения задач эффективного функционирования дорожно-строительных процессов, в их оптимизации и увязке между собой кроются основные резервы снижения себестоимости работ, повышения производительности труда, улучшения использования всех видов ресурсов, что в конечном счете обеспечивает повышение эффективности дорожно-строительного производства. Как отмечает С.А. Ушацкий, «... оптимизация строительных процессов предполагает выбор решений по технологии и организации работ в наибольшей мере способствующих высококоротабельной и эффективной деятельности» [19]. Для оптимального функционирования дорожно-строительных процессов следует создать такие условия производства, при которых весь комплекс работ рассматривается как одна система, с индивидуальной ритмичностью элементов при четком взаимодействии между ними [20–22]. Под элементами системы «дорожное строительство» следует понимать совокупность отдельных технологических процессов.

Содержание системы «дорожное строительство» и отдельные ее понятия с точки зрения системного анализа производства могут быть представлены в вид схемы (рис. 1).

Выполнение общего комплекса работ по сооружению объекта дорожного строительства предполагает организацию некоторой совокупности технологических процессов  $\Pi = \{n\}$  с установлением между ними определенного соответствия, которое проявляется в производственных связях (ПС). Производственные связи характеризуют возможные варианты взаимодействия процессов (перемещение ресурсов по процессам, наличие и создание фронта работ для последующих процессов, взаимодействие процессов вследствие различия в темпах их развития и т. д.). Кроме того, производственные связи зависят от величины и постоянства объемов  $V$  работ на смежных участках ( $V = \{v\}$ ) и от воздействия на каждый из процессов определенного комплекса случайных факторов разного порядка; данное воздействие называют факторными связями (ФС).

Вероятностная совокупность организационных, технологических, социальных, климатических и других факторов во многом определяется



**Рис. 1.** Факторы и связи, определяющие функционирование дорожно-строительных процессов:

ПС — производственные связи; ФС — факторные связи

**Fig. 1.** Factors and relationships that determine the functioning of road-building processes: PT — production ties; FR — Factor Relations

структурой ресурсных эквивалентов  $S = \{s\}$ , необходимых для реализации процессов. В зависимости от вида и соотношения применяемых производственных ресурсов все дорожно-строительные процессы подразделяются на следующие три группы:

I — процессы, тяготеющие к ручному, немеханизированному способу выполнения;

II — процессы, тяготеющие к смешанному способу выполнения;

III — процессы, тяготеющие к механизированному способу выполнения (см. рис. 1).

Таким образом, структура факторных связей определяется разнородностью процесса и влиянием определенной совокупности случайных факторов, которые в зависимости от классификации процессов по способу производства можно условно разбить на три вида — А, Б и В (см. рис. 1). Каждый из видов факторов определяет развитие одной из трех групп процессов (факторы А и В) или всех процессов (факторы Б).

Наличие факторных связей в каждый из моментов времени определяет состояние развития процессов, т. е. темп, методы и качество выполнения отдельных работ. Вероятность существования некоторого комплекса случайных факторов, составляющих факторные связи, и их влияние на ход развития процессов характеризуется производственной ритмичностью  $P_n$ .

Выполнение отдельных дорожно-строительных процессов II ведется с определенной производственной ритмичностью  $P_n$ , т. е. каждый процесс характеризуется особыми, присущими только ему мерой интенсивности потребления ресурсов и темпами выполнения работ. Вследствие этого по мере развития строительного потока возможно отставание или накладка фронтов работ частных потоков. Этот факт ни в коем случае не желателен, так как в первом случае большие резервы фронта работ приводят к тому, что теряется оперативность, а иногда и возможность переме-

щения ресурсов с одного вида работ на другой, во втором случае возникает простой (в «тормозном узле») последующего потока.

На основании проведенного системного анализа дорожно-строительное производство как сложную организационную систему с вероятностными связями можно представить общей динамической моделью (рис. 2) оптимизация параметров которой предполагает выбор наиболее эффективных организационно-плановых решений.

Наличие производственных и факторных связей между отдельными дорожно-строительными процессами определяется вероятностью  $B = \{b\}$ , которая характеризуется производственной ритмичностью выполнения каждого из них  $P_n = \{P_{ni}\}$ . Степень производственной ритмичности выполнения отдельных процессов в конечном счете определяет надежность  $H$  функционирования всей системы  $C$  (см. рис. 2).

Условие, определяющее оптимальное и надежное взаимодействие всех дорожно-строительных процессов, можно описать графами:

$$\begin{aligned} G_1 &= (V, S) \\ G_2 &= (V, S) \end{aligned} \leftrightarrow H. \quad (1)$$

Количество и соотношение элементов ресурсных эквивалентов  $S = \{s\}$  главенствующим образом влияет на формирование производственных и факторных связей, определяя тем самым степень ритмичности развития дорожно-строительных процессов. Каждый из дорожно-строительных процессов для своего выполнения требует затрат определенного количества и вида ресурсов —  $S_f$ , которые в своей совокупности не должны превышать наличного объема ресурсов  $S = \{s\}$

$$\sum_{i=1}^n S_f = \text{const} \leq S. \quad (2)$$

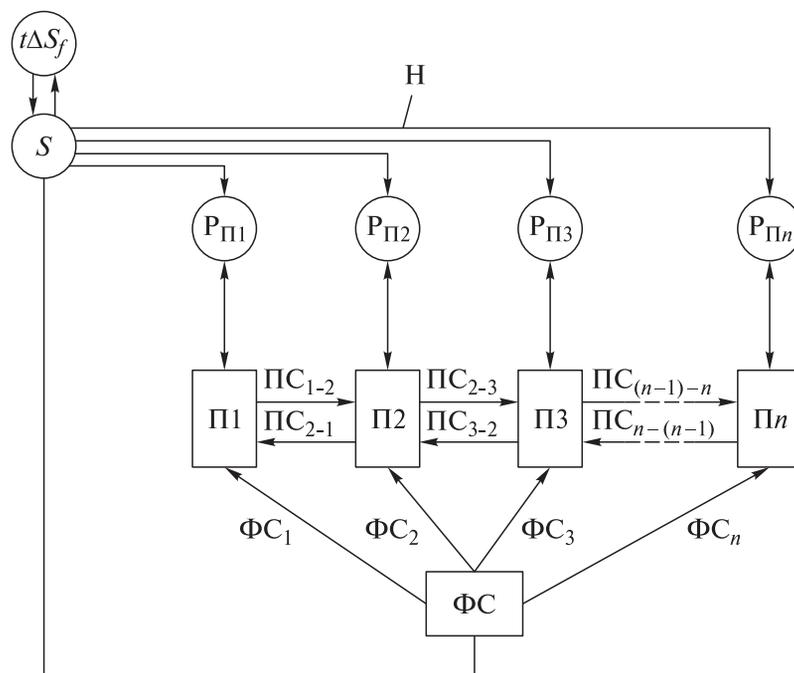


Рис. 2. Структурная схема системы «дорожное строительство»  
 Fig. 2. Structural diagram of the system «road construction»

Иными словами, имеющиеся ресурсы должны быть оптимально распределены по процессам, максимально и равноинтенсивно загружены в течение времени. Выполнение условия (2) неразрывно связано с условием (1) и направлено на достижение единой цели  $\Pi$ , моделирование оптимальных процессов организации и планирования дорожного строительства.

Условие (2) характеризует действие организующей, а условие (1) — функционирующей подсистемы. Выполнение условия (2) предполагает наличие в организующей подсистеме резервного количества ресурсов  $\Delta S_f$  (см. рис. 2), которое характеризует объем дополнительных ( $+\Delta S_f$ ) или высвободившихся в результате рациональной организации ( $-\Delta S_f$ ) производственных ресурсов.

## Выводы

Описанная структура системы «дорожное строительство» является основой для решения ряда важных задач, связанных с разработкой и исследованием оптимальных методов организации и планирования дорожно-строительных работ.

В качестве основных теоретических предпосылок, обуславливающих моделирование системы «дорожное строительство» приняты принципы формализации сложных вероятностных систем, оптимизация параметров которых возможна с применением системного анализа, теории вероятностей, исследования операций и их статистического анализа.

На основе разработанной общей динамической модели строительства лесовозных автомобильных дорог возможно построение экономико-математических и организационно-технологических моделей, позволяющих установить оптимальное соответствие различных элементов системы и исследовать методы организации и планирования дорожно-строительного производства.

## Список литературы

- [1] Гулевский В.А., Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Ломакин Д.В., Микова Е.Ю. Экспериментальная оценка сцепных качеств и ровности покрытий при различных состояниях автомобильных дорог и погодных условиях // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2018. Т. 11. № 1 (56). С. 112–118.
- [2] Kozlov V.G. Mathematical modeling of damage function when attacking file server // Journal of Physics: Conference Series, 2018, v. 1015, p. 032069.
- [3] Умаров М.М., Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Микова Е.Ю. Применение цифровых моделей местности для трассирования лесных автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2018. № 2 (262). С. 58–69.
- [4] Kozlov V.G., Gulevsky V.A., Skrypnikov A.V., Logoyda V.S., Menzhulova A.S. Method of Individual Forecasting of Technical State of Logging Machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, v. 327 (4), p. 042056. DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042056
- [5] Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Морковин В.А. Модель режимов движения транспортных потоков на лесовозных автомобильных дорогах // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2014. № 2 (338). С. 61–67.

- [6] Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Трофимов Ю.И., Леонова М.Н. Техногенное воздействие мобильных сельскохозяйственных машин на почву // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2013. № 1. С. 51–56.
- [7] Dorokhin S.V. Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017, v. 12, no. 2. pp. 511–515.
- [8] Курьянов В.К., Афоничев Д.Н., Бурмистрова О.Н., Скрыпников А.В. Повышение удобства и безопасности движения лесовозных автопоездов на кривых малого радиуса // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения наук о лесе, 2002. Т. 4. № 1. С. 178–187.
- [9] Сковрцова Т.В., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В. Обоснование ресурсных показателей при строительстве лесовозных автомобильных дорог // В мире научных открытий, 2011. № 9–6 (21). С. 1841–1848.
- [10] Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Кондрашова Е.В., Бурмистров Д.В. Выбор критерия принятия решений при управлении информационным обеспечением автомобильного транспорта // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 4–4. С. 686–689.
- [11] Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Дорохин С.В., Логачев В.Н., Чистяков А.Г. Обоснование необходимого минимального уровня видимости дорожной разметки // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 6. С. 48.
- [12] Заець О.С., Скрыпников А.В., Чернышова Е.В. Оценка эффективности системы защиты информации автоматизированной системы проектирования сложных многокомпонентных продуктов // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики: Сб. тр. 5-й науч.-практ. интернет-конф. Тольятти, Тольяттинский гос. ун-т, 27–28 января 2015 г. Ульяновск: SIMJET, 2015. С. 31–38.
- [13] Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Борисов В.А. Лесотранспорт как система водитель-автомобиль-дорога-среда. М.: МГУЛ, 2010. 370 с.
- [14] Сковрцова Т.В. Автоматизированный расчет уровня загрязнения поверхностного стока на автомобильной дороге. Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2003. 26 с.
- [15] Кондрашова Е.В., Сковрцова Т.В., Скрыпников А.В., Логачев В.Н. Математическая модель процессов загрязнения почв и растений придорожной полосы лесных автомобильных дорог // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2012. № 5. С. 117–119.
- [16] Курьянов В.К., Рябова О.В., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Тарарыков А.В. Моделирование влияния проектируемых дорожных условий на эмиссию токсичных веществ // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2008. Т. 2. № 3(13). С. 180–184.
- [17] Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Ломакин Д.В., Логойда В.С. Методика определения влияния природных факторов на стоимость строительства земляного полотна лесовозных дорог // Современные наукоемкие технологии, 2016. № 11–2. С. 305–309.
- [18] Рябова О.В., Курьянов В.К., Скрыпников А.В. Обеспечение безопасности на различных участках автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки, 2004. № S9. С. 198–202.
- [19] Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Сковрцова Т.В., Кондрашова Е.В. Автоматизированный расчет уровня параметрического загрязнения окружающей среды объектами автомобильно-транспортного комплекса. Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2003. 20 с.
- [20] Михайлулов Е.А., Курьянов В.К., Скрыпников А.В. Учет ровности и шероховатости покрытий в тяговых расчетах // Лесное хозяйство Поволжья: Межвузовский сб. науч. работ. Саратов: Саратовский государственный аграрный ун-т им. Н.И. Вавилова, 2002. С. 583–586.
- [21] Скрыпников А.В. Методы построения эпюр скорости как основы оценки соответствия проекта дороги требованиям движения. Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2001. 17 с.
- [22] Поляков Ю.А., Курьянов В.К., Скрыпников А.В. Оценка транспортно-эксплуатационных качеств горных лесовозных автомобильных дорог в системе автоматизированного проектирования. Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2001. 149 с.

## Сведения об авторах

**Бурмистров Дмитрий Валерьевич** — канд. техн. наук, научный сотрудник ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», burmistrdv@mail.ru

**Скрыпников Алексей Васильевич** — д-р техн. наук, декан факультета «Управление и информатика в технологических системах» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», skrypnikovvsafe@mail.ru

**Козлов Вячеслав Геннадиевич** — д-р техн. наук, заместитель декана по научной работе агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I», vya-kozlov@yandex.ru

**Могутнов Роман Викторович** — научный сотрудник ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», r-mogutnov@mail.ru

**Абасов Максим Александрович** — научный сотрудник ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», burmistrdv@mail.ru

Поступила в редакцию 14.09.2018.

Принята к публикации 18.10.2018.

## THE WORKING HYPOTHESIS OF LOGGING ROADS RHYTHMIC CONSTRUCTION AND ITS MATHEMATICAL DEVELOPMENT

D.V. Burmistrov<sup>1</sup>, A.V. Skrypnikov<sup>1</sup>, V.G. Kozlov<sup>2</sup>, R.V. Mogutnov<sup>1</sup>, M.A. Abasov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, 19, Revolution avenu, 394036, Voronezh, Russia

<sup>2</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1, Michurina st., 394087, Voronezh, Russia

burmistrdv@mail.ru

Currently, the existing reserves in the road construction industry to improve its efficiency can be put into action by improving existing and developing new effective methods of organization and planning of rhythmic road construction. In this regard the development of new effective methods of organization and planning of work is aimed not only at achieving high production rates but also plays a crucial role in increasing the pace of construction, improving its quality and is an integral part of the implementation of the new system of planning and economic stimulation. The currently existing indicators of rhythm do not fully comply with the requirements of the criterion of optimality-making, planning and organizing solutions. Based on this, it is proposed to distinguish between the annual rhythm and production, which respectively are the criteria for evaluating activities throughout the year and during the construction of individual facilities for a certain period. Thus, the principles of formalization of complex probabilistic systems, the optimization of parameters of which is possible with the use of system analysis, probability theory, operations research and their statistical analysis, are accepted as the main theoretical prerequisites for modeling the system of «road construction». On the basis of the developed general dynamic model of construction of timber roads, it is possible to build economic, mathematical and organizational and technological models that allow to establish the optimal compliance of the various elements of the system and to study the methods of organization and planning of road construction production.

**Keywords:** road, construction, methods of organization, planning, rhythm

**Suggested citation:** Burmistrov D.V., Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Mogutnov R.V., Abasov M.A. *Rabochaya gipoteza ritmichnogo stroitel'stva lesovoznykh avtomobil'nykh dorog i ee ekonomiko-matematicheskoe razvitiye* [The working hypothesis of logging roads rhythmic construction and its mathematical development]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 5, pp. 69–76. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-69-76

### References

- [1] Gulevskiy V.A., Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V., Mikova E.Yu. *Ehksperimental'naya otsenka stsepnnykh kachestv i rovnosti pokrytiy pri razlichnykh sostoyaniyakh avtomobil'nykh dorog i pogodnykh usloviyakh* [Experimental evaluation of coupling properties and smoothness of coatings under various conditions of highways and weather conditions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Voronezh State Agrarian University], 2018, v. 11, no. 1 (56), pp. 112–118.
- [2] Kozlov V.G. Mathematical modeling of damage function when attacking file server. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, v. 1015, p. 032069.
- [3] Umarov M.M., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Mikova E.Yu. *Primenenie tscifrovyykh modeley mestnosti dlya trasirovaniya lesnykh avtomobil'nykh dorog* [Application of digital terrain models for tracing forest roads]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forest Journal], 2018, no. 2 (262), pp. 58–69.
- [4] Kozlov V.G., Gulevsky V.A., Skrypnikov A.V., Logoyda V.S., Menzhulova A.S. Method of Individual Forecasting of Technical State of Logging Machines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, v. 327 (4), p. 042056. DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042056
- [5] Kur'anov V.K., Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Morkovin V.A. *Model' rezhimov dvizheniya transportnykh potokov na lesovoznykh avtomobil'nykh dorogakh* [A model of traffic flow regimes on logging roads]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forest Journal], 2014, no. 2 (338), pp. 61–67.
- [6] Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Trofimov Yu.I., Leonova M.N. *Tekhnogennoe vozdeystvie mobil'nykh sel'skokhozyaystvennykh mashin na pochvu* [Technogenic impact of mobile agricultural machines on soil]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University], 2011, no. 1, pp. 51–56.
- [7] Dorokhin S.V. Mathematical model of the statistical identification of car transport informational provision. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, v. 12, no. 3, pp. 185–199.
- [8] Kury'anov V.K., Afonichev D.N., Burmistrova O.N., Skrypnikov A.V. *Povyshenie udobstva i bezopasnosti dvizheniya lesovoznykh avtopoezdov na krivykh malogo radiusa* [Increase of convenience and safety of movement of logging road trains on curves of small radius]. *Vestnik Central'no-Chernozemnogo regional'nogo otdeleniya nauk o lese* [Bulletin of the Central Black Earth Regional Division of Forest Sciences], 2002, v. 4, no. 1, pp. 178–187.
- [9] Skvortsova T.V., Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V. *Obosnovanie resursnykh pokazateley pri stroitel'stve lesovoznykh avtomobil'nykh dorog* [Justification of resource indicators in the construction of logging roads]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the World of Scientific Discoveries], 2011, no. 9–6 (21), pp. 1841–1848.
- [10] Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Kondrashova E.V., Burmistrov D.V. *Vybor kriteriya prinyatiya resheniy pri upravlenii informatsionnym obespecheniem avtomobil'nogo transporta* [Choice of the criterion for decision-making in the management of information support of motor transport]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2016, no. 4–4, pp. 686–689.

- [11] Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Dorokhin S.V., Logachev V.N., Chistyakov A.G. *Obosnovanie neobkhodimogo minimal'nogo urovnya vidimosti dorozhnoy razmetki* [Justification of the required minimum visibility level of the road marking]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2014, no. 6, p. 48.
- [12] Zaets' O.S., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V. *Otsenka effektivnosti sistemy zashchity informatsii avtomatizirovannoy sistemy proektirovaniya slozhnykh mnogokomponentnykh produktov* [Evaluation of the effectiveness of the information protection system of the automated system for designing complex multi-component products]. *Mezhdisciplinarnye issledovaniya v oblasti matematicheskogo modelirovaniya i informatiki: Sb. tr. 5 nauch.-prakt. internet-konf. [Interdisciplinary research in the field of mathematical modeling and informatics: 5th scientific-practical. conf.]*. Ul'yanovsk: SIMJET, 2015, pp. 31–38.
- [13] Kuryanov V.K., Skrypnikov A.V., Borisov V.A. *Lesotransport kak sistema voditel'-avtomobil'-doroga-sreda* [Lesotransport as a driver-car-road-environment system. Moscow: MGUL, 2010. 370 p.
- [14] Skvortsova T.V. *Avtomatizirovannyi rashchet urovnya zagryazneniya poverkhnostnogo stoka na avtomobil'noy doroge* [Automated calculation of the level of pollution of surface runoff on an automobile road]. Voronezh: Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya, 2003, p. 26.
- [15] Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Skrypnikov A.V., Logachev V.N. *Matematicheskaya model' processov zagryazneniya pochv i rasteniy pridorozhnoy polosy lesnykh avtomobil'nykh dorog* [Mathematical model of processes of pollution of soils and plants of a roadside strip of forest highways]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2012, no. 5, pp. 117–119.
- [16] Kur'yanov V.K., Ryabova O.V., Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Tararykov A.V. *Modelirovanie vliyaniya proektiruemyykh dorozhnykh usloviy na ehmissiyu toksichnykh veshchestv* [Modeling the influence of projected road conditions on the emission of toxic substances]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Questions of modern science and practice. V.I. Vernadskiy University], 2008, v. 2, no. 3 (13), pp. 180–184.
- [17] Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V., Logoyda V.S. *Metodika opredeleniya vliyaniya prirodnykh faktorov na stoimost' stroitel'stva zemlyanogo polotna lesovoznykh dorog* [Methodology for determining the influence of natural factors on the cost of building roadbeds of logging roads]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern Science-Intensive Technologies], 2016, no. 11–2, pp. 305–309.
- [18] Ryabova O.V., Kur'yanov V.K., Skrypnikov A.V. *Obespechenie bezopasnosti na razlichnykh uchastkakh avtomobil'nykh dorog* [Providing security on various sections of highways]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [News of higher educational institutions. North-Caucasian region. Series: Engineering], 2004, no. S9, pp. 198–202.
- [19] Kur'yanov V.K., Skrypnikov A.V., Skvortsova T.V., Kondrashova E.V. *Avtomatizirovannyi rashchet urovnya parametricheskogo zagryazneniya okruzhayushchey sredy ob'ektami avtomobil'no-transportnogo kompleksa* [Automated calculation of the level of parametric pollution of the environment by the objects of the automotive transport complex]. Voronezh: VGLTU im. G.F. Morozova, 2003, 20 p.
- [20] Mikhaylusov E.A., Kur'yanov V.K., Skrypnikov A.V. *Uchet rovnosti i sherohovatosti pokrytiy v tyagovykh raschetakh* [Allowance for the roughness and roughness of coatings in traction calculations]. *Lesnoe khozyaystvo Povolzh'ya: Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh rabot* [Forestry of the Volga region. Intercollegiate collection of scientific works]. Saratov: SSAU, 2002, pp. 583–586.
- [21] Skrypnikov A.V. *Metody postroeniya epyur skorosti kak osnovy otsenki sootvetstviya proekta dorogi trebovaniyam dvizheniya* [Methods for constructing speed diagrams as a basis for assessing the compliance of a road project with traffic requirements]. Voronezh: VGLTU im. G.F. Morozova, 2001, 17 p.
- [22] Polyakov A.A., Kur'yanov V.K., Skrypnikov A.V. *Otsenka transportno-ekspluatatsionnykh kachestv gornykh lesovoznykh avtomobil'nykh dorog v sisteme avtomatizirovannogo proektirovaniya* [Estimation of transport-operational qualities of mountain forest roads in the computer-aided design system]. Voronezh: VGLTU im. G.F. Morozova., 2001, 149 p.

## Authors' information

**Burmistrov Dmitriy Valer'evich** — Cand. Sci. (Tech.), Scientific Worker at the Voronezh State University of Engineering Technologies, burmistrdv@mail.ru

**Skrypnikov Aleksey Vasil'yevich** — Dr. Sci. (Tech.), Dean of the Faculty «Management and Informatics in Technological Systems» at the Voronezh State University of Engineering Technologies, skrypnikovvsafe@mail.ru

**Kozlov Vyacheslav Gennadievich** — Dr. Sci. (Tech.), Deputy Dean for Scientific Work of the Agro-engineering Faculty of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vya-kozlov@yandex.ru

**Mogutnov Roman Viktorovich** — Scientific Worker at the Voronezh State University of Engineering Technologies, r-mogutnov@mail.ru

**Abasov Maksim Aleksandrovich** — Scientific Worker at the Voronezh State University of Engineering Technologies, burmistrdv@mail.ru

Received 14.09.2018.

Accepted for publication 18.10.2018.