

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИХ ПЛАНИРОВАНИЕ РИТМИЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ю.А. Сафонова<sup>1</sup>, Е.В. Чирков<sup>2</sup>, В.В. Самцов<sup>1</sup>, М.А. Абасов<sup>1</sup>,  
А.В. Скрыпников<sup>1</sup>, Д.В. Бурмистров<sup>3</sup>, В.В. Никитин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19

<sup>2</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

<sup>3</sup>Ухтинский государственный технический университет, 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13

<sup>4</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

nikitinvv@bmstu.ru

На основе определения влияния годовой прибыли и распределения объемов работ по отдельным периодам возможно выявление условий наиболее эффективного ритмичного планирования строительства лесовозных автомобильных дорог, что позволит охарактеризовать фактическую ритмичность строительства лесовозных автомобильных дорог. Установлено, что зависимость между прибылью, полученной при распределении работ за установленный период, и степенью годовой ритмичности может быть описана параболическим законом. Определены виды уравнений и найдены оптимальные значения годовой ритмичности выполнения монтажных работ при строительстве лесовозных автомобильных дорог. Анализ полученных зависимостей показал, что с течением времени степень годовой ритмичности и уровень прибыли возрастают. Это можно объяснить тем, что за счет применения новой совершенной строительной техники и материалов, позволяющих расширить строительный сезон, а также современных технологий рост годовой ритмичности строительства лесовозных автомобильных дорог по периодам выравнивается, т. е. стремится к постоянной, а это в свою очередь вызывает увеличение годовой прибыли. Представлен аналитический и графический вид полученных зависимостей между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$  по каждой из классификационных групп (по дорожно-климатическим зонам), позволяющий решать ряд важных задач, связанных с планированием строительства лесовозных автомобильных дорог в течение года. Особую актуальность приобретает оперативное календарное планирование работ, которое связано с организацией производства в пределах строительного потока, рабочих мест и т. д. Таким образом, критерием оптимальности принятия решений по оперативному календарному планированию и организации производства дорожно-строительных работ целесообразно принять показатель производственной ритмичности.

**Ключевые слова:** ритмичное строительство, лесовозные автомобильные дороги, эффективность планирования, статистический анализ

**Ссылка для цитирования:** Сафонова Ю.А., Чирков Е.В., Самцов В.В., Абасов М.А., Скрыпников А.В., Бурмистров Д.В., Никитин В.В. Исследование вероятностных зависимостей, обусловливающих планирование ритмичного строительства лесовозных автомобильных дорог // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 6. С. 79–87. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-79-87

**И**зучение влияния прибыли и распределения объемов работ на эффективность ритмичного планирования строительства лесовозных автомобильных дорог дает возможность получения фактических значений ритмичности строительства.

### Цель работы

Цель работы — выявить условия наиболее эффективного планирования строительства лесовозных автомобильных дорог в течение всего года.

### Материалы и методы

В качестве критерия оптимальности годового планирования объемов строительства лесовозных автомобильных дорог наиболее целесообразно принять максимально ожидаемую прибыль, а равномерность распределения объемов работ как выполняемых, так и планируемых (в тыс. руб.) по отдельным периодам (кварталам) оценивать степенью годовой ритмичности.

С целью определения зависимостей между степенью годовой ритмичности  $P_r$ , отвечающей определенному распределению объемов работ по кварталам, и прибылью —  $\Pi$ , полученной при квартальном распределении работ, собраны данные, характеризующие производственно-хозяйственную деятельность предприятий лесного комплекса республики Коми в период с 2014 по 2017 гг. Сбор данных о годовом распределении объемов работ и годовой прибыли произведен по годовым отчетам организаций [1–6].

Для удобства сопоставления и проведения общего анализа исходных данных годовая прибыль преобразована в удельную. Под удельной прибылью организации следует понимать общую годовую прибыль, отнесенную на 1 млн руб. строительно-монтажных работ, выполненных собственными силами этой же организации за анализируемый период [7–12].

Исследование условий наиболее эффективного ритмичного планирования строительства лесовозных автомобильных дорог базируется на определении зависимостей между годовой прибылью и распределением объемов работ по отдельным периодам (1/2 квартала, в году 8 периодов), что характеризует фактическую ритмичность строительства лесовозных автомобильных дорог.

## Результаты и обсуждение

На основе анализа производственно-хозяйственной деятельности лесопромышленных предприятий республики Коми с 2014 по 2017 гг. установлено 144 зависимости между удельной прибылью и фактической ритмичностью.

Характер корреляционных полей, образованных систематизированными по установленным классификациям и годам данными, характеризующим степень годовой ритмичности работы и полученную при этом прибыль, дает наглядное представление о том, что между  $\Pi$  и  $P_r$  каждого анализируемого года существует зависимость, которая может быть описана параболическим законом (рис. 1) [13–16].

Исходя из этого, функциональные зависимости между  $\Pi$  и  $P_r$  каждого исследуемого года представлены в виде аппроксимирующего полинома 4-й степени. В общем случае уравнение полинома 4-й степени имеет вид

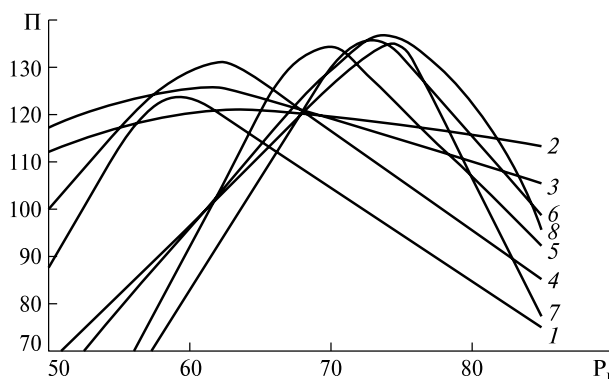


Рис. 1. Графики зависимости удельной годовой прибыли от ритмичности по анализируемым периодам

Fig. 1. Graphs of the dependence of the specific annual profit on rhythmicity for the analyzed periods

$$\Pi = a_0 + a_1 P_r + a_2 P_r^2 + a_3 P_r^3 + a_4 P_r^4, \quad (1)$$

где  $a_0, a_1, \dots, a_4$  — коэффициенты регрессии.

Определение функциональных зависимостей между  $\Pi$  и  $P_r$  типа (1) для установленных классификаций по годам проведено с использованием современных информационных технологий [17–19]. Полученные при этом коэффициенты регрессии и показатели, характеризующие зависимость  $\Pi = f(P_r)$ , приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты расчета коэффициентов уравнений, описывающих зависимость  $\Pi = f(P_r)$ , и статистического анализа

The results of calculating the coefficients of the equations describing the dependence  $\Pi = f(P_r)$  and statistical analysis

Анализируемый период	Коэффициенты регрессии					Средне-квadraticеская ошибка аппроксимации по максимальному отклонению, %	Оптимальная годовая ритмичность, %	Оптимальная годовая прибыль, тыс. руб.
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$			
А. II–III дорожно-климатические зоны								
67	–2484	164,5	–3,74	$0,36 \cdot 10^{-1}$	$22 \cdot 10^{-1}$	8,16	47,26	1170,63
68	648,4	–64,4	2,32	$–0,33 \cdot 10^{-1}$	$0,16 \cdot 10^{-3}$	5,50	53,50	1120,04
69	–1651	60,5	–0,064	$–0,15 \cdot 10^{-1}$	$1,21 \cdot 10^{-4}$	5,70	53,73	1230,88
70	2071	–145,5	3,79	$–0,42 \cdot 10^{-1}$	$1,59 \cdot 10^{-4}$	3,60	59,90	1240,65
71	1718	–104,8	2,33	$–0,2 \cdot 10^{-1}$	$0,52 \cdot 10^{-4}$	5,41	60,48	1280,25
72	–1190	44,57	–0,12	$–0,82 \cdot 10^{-2}$	$0,66 \cdot 10^{-4}$	7,88	62,21	1260,12
73	–915	61,2	–1,45	$1,61 \cdot 10^{-2}$	$–0,70 \cdot 10^{-4}$	3,19	64,69	1260,73
74	89,17	–1,97	–0,244	$0,6413 \cdot 10^{-2}$	$–0,428 \cdot 10^{-4}$	5,14	64,72	1270,10
Б. IV дорожно-климатическая зона								
67	–1774	51,85	0,30	$–1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	8,08	58,48	1210,56
68	56,42	–3,31	0,21	$–0,32 \cdot 10^{-2}$	$1,48 \cdot 10^{-5}$	4,67	60,64	1200,10
69	–617,1	36,36	–0,66	$0,53 \cdot 10^{-2}$	$–1,64 \cdot 10^{-5}$	3,74	61,64	1250,95
70	–3857	140,4	–1,01	$–1,01 \cdot 10^{-2}$	$1,06 \cdot 10^{-4}$	2,95	61,95	1310,14
71	5659	188,8	–1,34	$–0,95 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$	4,70	68,69	1360,36
72	–3849	–38,7	5,47	$0,87 \cdot 10^{-1}$	$0,40 \cdot 10^{-3}$	4,07	72,37	1360,00
73	–4426	223	–4,25	$3,79 \cdot 10^{-2}$	$–1,35 \cdot 10^{-4}$	1,33	73,50	1360,40
74	–1421	–52,04	0,3538	$6,099 \cdot 10^{-3}$	$–0,14 \cdot 10^{-4}$	6,49	74,39	1370,25

Оптимальные значения годовой ритмичности выполнения строительно-монтажных работ установлены путем экстраполяции функций типа (1) [6, 20], которая после преобразования имеет вид

$$4a_4P_r^3 + 3a_3P_r^2 + 2a_2P_r + a_1 = 0. \quad (2)$$

Определение корней уравнений типа (2) проведено с использованием современных информационных технологий нахождения корней многочлена с действительными коэффициентами по методу Хичкока [21–23]. Значения корней уравнений типа (2), которые попадают в анализируемые периоды годовой ритмичности ( $P_r = 40–80\%$ ), являются оптимальными значениями годовой ритмичности соответствующего периода (см. табл. 1). Путем подстановки оптимальных значений  $P_r$  в соответствующие уравнения  $\Pi = f(P_r)$  типа (1) получены значения максимальной годовой прибыли, которые занесены в табл. 2.

Графическое представление зависимостей  $\Pi = f(P_r)$  (см. рис. 1) по классификациям для каждого анализируемого периода производственно-хозяйственной деятельности наглядно показывает, что существуют связи как между  $\Pi$  и  $P_r$  определенного года, так и между максимальными значениями прибыли  $\Pi_m$  и оптимальными величинами годовой ритмичности  $P_{r,0}$  с течением времени  $T$ , т. е. рост годовой ритмичности влечет за собой рост удельной прибыли.

Характер расположения точек парных зависимостей  $\Pi_m$  и  $P_{r,0}$ ,  $\Pi_m$  и  $T$ ,  $P_{r,0}$  и  $T$ , образующих корреляционные поля, указывает на целесообразность описания зависимостей по линейному закону (рис. 2), т. е. аппроксимирующими полиномами 1-й степени, которые в общем случае имеют вид

$$\begin{aligned} \Pi_m &= a_{01} + a_{11}P_{r,0}; \quad P_{r,0} = a_{02} + a_{12}T; \\ \Pi_m &= a_{03} + a_{13}T. \end{aligned} \quad (3)$$

Обработка статистических данных проведена с использованием современных информационных технологий. При этом за базовый период ( $T = 1$ ) принят 2014 г. Для каждой из установленных классификаций А и Б (см. табл. 1) уравнения парной зависимости между  $\Pi_m$ ,  $P_{r,0}$  и  $T$  имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \text{А. } \Pi &= 83,11 + 0,69P_r \\ \text{Б. } \Pi &= 64,57 + 0,99P_r \end{aligned} \right\}; \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{А. } P_r &= 47,38 + 2,43T \\ \text{Б. } P_r &= 54,96 + 2,55T \end{aligned} \right\}; \quad (5)$$

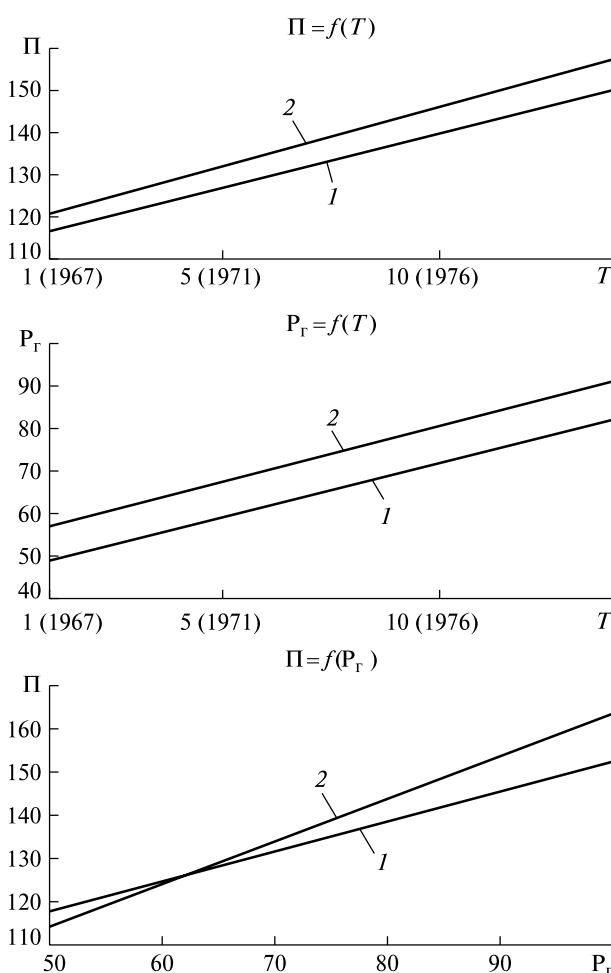
$$\left. \begin{aligned} \text{А. } \Pi &= 115,26 + 1,79T \\ \text{Б. } \Pi &= 118,45 + 2,70T \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Т а б л и ц а 2

**Характеристика зависимостей между удельной прибылью и ритмичностью с течением времени**

Characteristics of the relationship between the specific profit and rhythmicity over time

Тип парных зависимостей	А. II–III дорожно-климатические зоны		Б. IV дорожно-климатическая зона	
	Среднеквадратическая ошибка аппроксимации, $L^2$	Коэффициенты парной корреляции, $r$	Среднеквадратическая ошибка аппроксимации, $L^2$	Коэффициенты парной корреляции, $r$
$\Pi = f(T)$	0,0515	0,62	0,0278	0,87
$\Pi = f(P_r)$	0,0508	0,55	0,0370	0,78
$P_r = f(T)$	0,0410	0,90	0,0510	0,90



**Рис. 2.** Графики парных зависимостей между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$  (1 — I–III дорожно-климатические зоны; 2 — IV дорожно-климатическая зона)  
**Fig. 2.** Graphs of paired dependences between  $\Pi$ ,  $P_r$  and  $T$  (1 — I, II, III — road and climatic zones, 2 — IV — road and climatic zones)

О точности описания линейным законом зависимостей между годовой удельной прибылью, ритмичностью по анализируемым периодам (годам) строительства можно судить по среднеквадратическим погрешностям аппроксимации, значения которых сведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, среднеквадратические ошибки аппроксимации уравнений (4)–(6) невысоки и составляют в среднем 4,6 %, что подтверждает правильность описания зависимостей между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$  линейным законом.

Значимость уравнений (5), (6) проверена путем определения коэффициентов парной корреляции между  $\Pi$  и  $T - r_{\Pi-T}$ ,  $\Pi$  и  $P_r - r_{\Pi-P_r}$ ,  $P_r$  и  $T - r_{P_r-T}$ .

Определение коэффициентов парной корреляции выполнено с применением современных информационных технологий по программе построения многофакторных регрессионных моделей. При этом число факторов принималось равным двум, т. е.  $N = 2$ , а в качестве исходных данных брали максимальные значения прибыли и соответствующую им степень ритмичности из табл. 2.

Значения коэффициентов парной корреляции для различных видов зависимостей (4)–(6) применительно к классификациям по дорожно-климатическим зонам приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, коэффициенты парной корреляции уравнений (5), (6) довольно высоки и составляют в среднем 0,7, что говорит о значимости рассмотренных зависимостей между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$ , т. е. они существенны и взаимно определяют друг друга.

Так как между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$  есть парные связи, то в общем виде должна соблюдаться зависимость

$$\Pi = f(P_r, T). \quad (7)$$

Уравнения множественной зависимости типа (7) для каждой из установлены классификаций А и Б нетрудно получить, если над системами уравнений (5), (6) проделать соответствующие операции. Сложение уравнений А.(4) и А.(6), а также уравнений Б.(4) и Б.(6) позволяет получить уравнения множественной регрессии типа (7), которые имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \text{А. } \Pi &= 99,18 + 0,895T + 0,345P_r \\ \text{Б. } \Pi &= 91,51 + 1,35T + 0,495P_r \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Кроме того, определение множественных зависимостей между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$ , имеющее большое значение для планирования строительства лесовозных автомобильных дорог, проведено по программе построения многофакторных регрессионных моделей с применением современных информационных технологий. В конечном итоге получены уравнения множественной регрессии типа  $\Pi = f(T, P_r)$ , которые применительно к уста-

новленным классификациям по дорожно-климатическим зонам имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \text{А. } \Pi &= 111,13 + 0,57T + 0,087P_r \\ \text{Б. } \Pi &= 112,85 + 2,44T + 0,102P_r \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Статистический анализ уравнений (9) свидетельствует о том, что они значимы, так как коэффициенты множественной корреляции ( $R$ ) соответственно равны 0,810 и 0,864. Коэффициенты множественной детерминации ( $R^2$ ), равные соответственно 0,66 и 0,748, показывают, что уровень годовой прибыли определяется удельным весом исследуемых факторов ( $T$  и  $P_r$ ) для уравнений (9) на 66 % и 74,8 %.

Полученные при статистическом анализе уравнений коэффициенты частной корреляции для факторов  $T$  и  $P_r$ , которые соответственно равны:  $r_T = 0,756$ ;  $r_{P_r} = 0,958$  для уравнения А.(9),  $r_T = 0,929$ ;  $r_{P_r} = 0,966$  для уравнения Б.(9), показывают каков удельный вес каждого фактора влияния ( $T$  и  $P_r$ ) на уровень годовой прибыли организации.

Анализ уравнений (8) и (9) позволяет сделать выводы о том, что с течением времени (с увеличением  $T$ ) степень годовой ритмичности и уровень прибыли растут. Рост годовой ритмичности строительства лесовозных автомобильных дорог может быть объяснен тем, что вследствие создания новой, улучшенной строительной техники и материалов, позволяющих расширить строительный сезон, более совершенной технологии, ритмичность строительства по кварталам выравнивается, т. е. стремится к постоянной, а это в свою очередь вызывает увеличение годовой прибыли.

Аналитическое и графическое представление зависимостей между  $\Pi$ ,  $P_r$  и  $T$  по каждой из классификационных групп (по дорожно-климатическим зонам) позволяет решать ряд важных задач, связанных с планированием строительства лесовозных автомобильных дорог в течение года.

К наиболее важным задачам, решаемым с помощью установленных зависимостей, относятся:

- установление оптимальных объемов работ путем определения перспективной годовой ритмичности строительства лесовозных автомобильных дорог;
- определение оптимального плана по величине максимальной годовой прибыли, получаемой при различных вариантах планирования производства;
- определение перспективной годовой прибыли предприятия лесопромышленного комплекса на определенный планируемый год.

При планировании квартальных объемов работ рассматриваются варианты распределения дорожно-строительных работ при выполнении их собственными силами или путем привлечения субподрядных организаций. При этом рассматри-

ваются варианты приобретения новой техники, изменения технологии и т.д.

На основе анализа уравнений (8) и (9), исходных данных, характеризующих производственно-хозяйственную деятельность предприятия, и по графикам зависимостей между удельной прибылью и годовой ритмичностью (см. рис. 2) установлено наиболее рациональное распределение объемов работ по кварталам для определенных классификационных групп в настоящее время (табл. 3)

**Т а б л и ц а 3**  
**Распределение объемов работ по выделенным периодам времени для выбранных классификационных групп**  
**Distribution of work volumes for selected time periods for selected classification groups**

Классификационные группы	Кварталы			
	I	II	III	IV
А. II–III дорожно-климатические зоны	Распределение объемов работ, %			
	19	28	31	22
Б. IV дорожно-климатическая зона	22	27	28	33

## Выводы

Как видно из табл. 3, основные объемы дорожного строительства (55–60 %) выполняются во II–III кварталах. Однако из анализа уравнений (8) и (9) следует, что годовой объем работ по кварталам, вследствие роста ритмичности дорожно-строительного производства, будет распределяться равномерно, т. е. по 25 % в каждом квартале. В связи с этим особую актуальность приобретает непрерывное внутриквартальное планирование работ — оперативное календарное планирование, которое непосредственно связано с организацией производства в пределах строительного потока, рабочих мест и т. д.

В качестве критерия оптимальности принятия решений по оперативному календарному планированию и организации производства дорожно-строительных работ, как было обосновано выше, целесообразно принять показатель производственной ритмичности.

## 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] Method of Individual Forecasting of Technical State of Logging Machines / V.G. Kozlov, V.A. Gulevsky, A.V. Skrypnikov, V.S. Logoyda, A.S. Menzhulova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, v. 327(4), p. 042056. DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042056
- [3] Модель режимов движения транспортных потоков на лесовозных автомобильных дорогах / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, В.А. Морковин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2014. № 2 (338). С. 61–67.
- [4] Техногенное воздействие мобильных сельскохозяйственных машин на почву / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Ю.И. Трофимов, М.Н. Леонова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2013. № 1. С. 51–56.
- [5] Dorokhin S.V. Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017. Т. 12. № 2. С. 511–515.
- [6] Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Борисов В.А. Лесотранспорт как система водитель-автомобиль-дорога-среда. М.: МГУЛ, 2010. 370 с.
- [7] Kozlov V.G. Mathematical modeling of damage function when attacking file server // Journal of Physics: Conference Series, 2018, v. 1015, pp. 032069.
- [8] Повышение удобства и безопасности движения лесовозных автопоездов на кривых малого радиуса / В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев, О.Н. Бурмистрова, А.В. Скрыпников // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения наук о лесе Российской академии естественных наук Воронежской государственной лесотехнической академии, 2002. Т. 4. № 1. С. 178–187.
- [9] Скворцова 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] Выбор критерия принятия решений при управлении информационным обеспечением автомобильного транспорта / А.В. Скрыпников, В.Г. Козлов, Е.В. Кондрашова, Д.В. Бурмистров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 4–4. С. 686–689.
- [11] Обоснование необходимого минимального уровня видимости дорожной разметки / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, С.В. Дорохин, В.Н. Логачев, А.Г. Чистяков // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 6. С. 48.
- [12] Моделирование влияния проектируемых дорожных условий на эмиссию токсичных веществ / В.К. Курьянов, О.В. Рябова, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, А.В. Тарарыков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2008. Т. 2. № 3 (13). С. 180–184.
- [13] Применение цифровых моделей местности для трассирования лесных автомобильных дорог / М.М. Умаров, А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова, Е.Ю. Микова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2018. № 2 (262). С. 58–69.
- [14] Рябова О.В., Курьянов В.К., Скрыпников А.В. Обеспечение безопасности на различных участках автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер.: Технические науки, 2004. № S9. С. 198–202.
- [15] Скрыпников А.В. Методы построения эпюр скорости как основы оценки соответствия проекта дороги требованиям движения. Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2001. 17 с.
- [16] 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.

- [17] Математическая модель процессов загрязнения почв и растений придорожной полосы лесных автомобильных дорог / Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, А.В. Скрыпников, В.Н. Логачев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2012. № 5. С. 117–119.
- [18] Методика определения влияния природных факторов на стоимость строительства земляного полотна лесовозных дорог / А.В. Скрыпников, В.Г. Козлов, Д.В. Ломакин, В.С. Логойда // Современные наукоемкие технологии, 2016. № 11–2. С. 305–309.
- [19] Автоматизированный расчет уровня параметрического загрязнения окружающей среды объектами автомобильно-транспортного комплекса. / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Т.В. Скворцова, Е.В. Кондрашова. Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2003. 20 с.
- [20] Скворцова Т.В. Автоматизированный расчет уровня загрязнения поверхностного стока на автомобильной дороге. Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2003. 26 с.
- [21] 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.
- [22] Скрыпников А.В., Курьянов В.К. Современные методики анализа загрязнения воздушного бассейна почв и растений соединениями свинца // Лесопромышленная логистика и информационные системы лесного комплекса: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 200-летию Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии, 11 апреля 2003 г. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия. СПб.: СПбГЛТА, 2003. С. 203.
- [23] Михайлузов Е.А., Курьянов В.К., Скрыпников А.В. Учет ровности и шероховатости покрытий в тяговых расчетах // Лесное хозяйство Поволжья. Межвузовский сборник научных работ, Саратов: Саратовский гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова, 2002. С. 583–586.

## Сведения об авторах

**Сафонова Юлия Александровна** — канд. техн. наук, доцент кафедры высшей математики и информационных технологий Воронежского государственного университета инженерных технологий, kulakova7@yandex.ru.

**Чирков Евгений Викторович** — аспирант кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, dsvvvn@yandex.ru.

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

**Самцов Вадим Викторович** — 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

**Бурмистров Дмитрий Валерьевич** — канд. техн. наук, ассистент кафедры инжиниринга технологических машин и оборудования Ухтинского государственного технического университета, г. Ухта, Северо-Западный федеральный округ, Республика Коми, Российская Федерация.

**Никитин Владимир Валентинович** — канд. техн. наук, начальник отдела международного научно-образовательного сотрудничества МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), nikitinvv@bmstu.ru.

Поступила в редакцию 22.09.2018.

Принята к публикации 29.10.2018.

# INVESTIGATION OF PROBABILISTIC DEPENDENCIES, ADJUSTING PLANNING OF RHYTHMIC LOGGING ROADS CONSTRUCTION

Yu.A. Safonova<sup>1</sup>, E.V. Chirkov<sup>2</sup>, V.V. Samtsov<sup>1</sup>, M.A. Abasov<sup>1</sup>,  
A.V. Skrypnikov<sup>1</sup>, D.V. Burmistrov<sup>3</sup>, V.V. Nikitin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State Technical University, 84, 20 years of October st., 394006, Voronezh, Russia

<sup>2</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution av., 394036, Voronezh, Russia

<sup>3</sup>Ukhta State Technical University, 13, Pervomaiskaya st., 169300, Ukhta, Republic of Komi, Russia

<sup>4</sup>BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

nikitinvv@bmstu.ru

On the basis of determining the impact of annual profits and the distribution of work volumes for individual periods, it is possible to identify the conditions for the most effective rhythmic planning of the construction of logging roads, which will allow us to characterize the actual rhythm of the construction of forest roads. It is established that the relationship between the profit obtained in the distribution of works for a specified period and the degree of annual rhythmicity can be described by a parabolic law. The types of equations were determined and the optimal values of the annual rhythm of the assembly work during the construction of logging roads were found. Analysis of the obtained dependencies has shown that over time, the annual rhythm and the level of profit increase. This can be explained by the fact that due to the use of new advanced construction equipment and materials that allow expanding the construction season, as well as modern technologies, the annual rhythm of the construction of logging roads is equalized by periods, i. e. strive for a permanent, and this in turn causes an increase in annual profits. The analytical and graphical view of the obtained dependences between P, P<sub>g</sub> and T for each of the classification groups (for road-climatic zones) presented in the publication allows solving a number of important tasks related to planning the construction of logging roads during the year. The operational scheduling of works, which is connected with the organization of production within the limits of the construction stream, workplaces, etc., becomes especially urgent. Thus, the criterion of the optimality of making decisions on operational scheduling and organizing the production of road construction works, it is advisable to take the indicator of production rhythm.

**Keywords:** rhythmic construction, timber roads, planning efficiency, statistical analysis

**Suggested citation:** Safonova Yu.A., Chirkov E.V., Samtsov V.V., Abasov M.A., Skrypnikov A.V., Burmistrov D.V., Nikitin V.V. *Issledovanie veroyatnostnykh zavisimostey, obuslavlivayushchikh planirovanie ritmichnogo stroitel'stva lesovoznykh avtomobil'nykh dorog* [Investigation of probabilistic dependencies, adjusting planning of rhythmic logging roads construction]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 6, pp. 79–87. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-79-87

## References

- [1] Gulevskiy V.A., Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V., Mikova E.Yu. *Eksperimental'naya otsenka stsepykh kachestv i rovnosti pokrytiy pri razlichnykh sostoyaniyakh avtomobil'nykh dorog i pogodnykh usloviyakh* [Experimental evaluation of coupling qualities and evenness of coatings under various conditions of highways and weather conditions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University], 2018, v. 11, no. 1 (56), pp. 112–118.
- [2] Kozlov V.G., Gulevskiy 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
- [3] Kuryanov V.K., Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Morkovin V.A. *Model' rezhimov dvizheniya transportnykh potokov na lesovoznykh avtomobil'nykh dorogah* [A model of traffic flow regimes on logging roads]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal], 2014, no. 2 (338), pp. 61–67.
- [4] Skrypnikov A.V., Trofimov Yu.I., Leonova M.N., Kondrashova E.V. *Tekhnogennoe vozdeystvie mobil'nykh sel'skokozyaystvennykh 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.
- [5] 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.
- [6] Kuryanov V.K., Skrypnikov A.V., Borisov V.A. *Lesotransport kak sistema voditel'-avtomobil'-doroga-sreda* [Lesotransport as a driver-car-road-environment system: training manual for universities]. Moscow: MSFU Publ., 2010. 370 p.
- [7] Kozlov V.G. *Mathematical modeling of damage function when attacking file server*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, v. 1015, p. 032069.
- [8] Kuryanov 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 Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk Voronezhskoy gosudarstvennoy lesotekhnicheskoy akademii* [Bulletin of the Central Black Earth Regional Division of Forest Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences, Voronezh State Forestry Academy], 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. *Iybor 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 prikladnyh i fundamental'nyh 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 neobhodimogo minimal'nogo urovnya vidimosti dorozhnoy razmetki* [Justification of the required minimum visibility level of the road marking]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, no. 6, p. 48.
- [12] Kuryanov V.K., Ryabova O.V., Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Tararykov A.V. *Modelirovanie vliyaniya proektiruemykh 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. University of. IN AND. Vernadsky], 2008, v. 2, no. 3 (13), pp. 180–184.
- [13] Umarov M.M., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Mikova E.Yu. *Primenenie cifrovyykh modeley mestnosti dlya trassirovaniya lesnykh avtomobil'nykh dorog* [Application of digital terrain models for tracing forest roads]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal], 2018, no. 2 (262), pp. 58–69.
- [14] Ryabova O.V., Kuryanov 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* [Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. North-Caucasian region. Series: Engineering], 2004, no. S9, pp. 198–202.
- [15] Skrypnikov A.V. *Metody postroeniya ehpyur skorosti kak osnovy ocenki 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: Voronezh. gos. lesotekhn. un-t im. G.F. Morozova*, 2001, p. 17.
- [16] Polyakov A.A., Kuryanov V.K., Skripnikov A.V. *Ocenka transportno-ehkspluatatsionnykh kachestv gornyykh lesovoznykh avtomobil'nykh dorog v sisteme avtomatizirovannogo proektirovaniya* [Estimation of transport-operational qualities of mountain forest roads in the computer-aided design system]. *Voronezh: Voronezh. gos. lesotekhn. un-t im. G.F. Morozova*, 2001, 149 p.
- [17] Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Skripnikov A.V., Logachev V.N. *Matematicheskaya model' processov zagryazneniya pochvy 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 prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2012, no. 5, pp. 117–119.
- [18] Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V., Logoida V.S. *Metodika opredeleniya vliyaniya prirodnyykh 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]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii* [Modern science-intensive technologies], 2016, no. 11–2, pp. 305–309.
- [19] Kuryanov V.K., Skrypnikov A.V., Skvortsova T.V., Kondrashova E.V. *Avtomatizirovannyi raschet urovnya parametricheskogo zagryazneniya okruzhayushchey sredey 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: Voronezh. gos. lesotekhn. akad*, 2003, no. 20.
- [20] Kuryanov V.K., Skrypnikov A.V., Skvortsova T.V., Kondrashova E.V. *Avtomatizirovannyi raschet urovnya zagryazneniya poverhnostnogo stoka na avtomobil'noy doroge* [Automated calculation of the level of pollution of surface runoff on an automobile road]. *Voronezh: Voronezh. gos. lesotekhn. akad*, 2003, p. 26.
- [21] Zaets O.S., Skripnikov A.V., Chernyshova E.V. *Ocenka ehffektivnosti 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]. *Trudy 5 nauch.-prakt. internet-konf. «Mezhdisciplinarnyye issledovaniya v oblasti matematicheskogo modelirovaniya i informatiki»* [5th scientific-practical. conf. «Interdisciplinary research in the field of mathematical modeling and informatics»]. *Tolyatti*, 2015, pp. 31–38.
- [22] Skrypnikov A.V., Kuryanov V.K. [Modern methods of analyzing air pollution of soils and plants with lead compounds] *Lesopromyshlennaya logistika i informatsionnyye sistemy lesnogo kompleksa: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., posvyashch. 200-letiyu Sankt-Petersburgskoy gosudarstvennoy lesotekhnicheskoy akademii* [Timber Industry Logistics and Information Systems of the Forest Complex: Collection of articles. tr. International scientific and technical conf., dedicated. The 200th anniversary of the St. Petersburg State Forestry Academy], April 11, 2003. *St. Petersburg State Forestry Academy. St. Petersburg: SPbGLTA*, 2003, pp. 203.
- [23] Mikhailusov E.A., Kuryanov 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 hozyaystvo Povolzh'ya. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh rabot* [Forestry of the Volga region. Intercollegiate collection of scientific works], 2002, pp. 583–586.



## Authors' information

**Safonova Yulia Aleksandrovna** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Higher Mathematics and Information Technologies of the Voronezh State University of Engineering Technologies, email: kulakova7@yandex.ru.

**Chirkov Evgeniy Viktorovich** — Post-graduate student of the Department of Automobiles and Service of the Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova, dsvvrn@yandex.ru.

**Samtsov Vadim Viktorovich** — Scientific Worker at the Voronezh State University of Engineering Technologies, burmistrdv@mail.ru

**Abasov Maksim Aleksandrovich** — 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

**Burmistrov Dmitriy Valerevich** — Cand. Sci. (Tech.), Assistant of the Department of Engineering of Technological Machines and Equipment «Ukhta State Technical University».

**Nikitin Vladimir Valentinovich** — Cand. Sci. (Tech.), Head of the Department of International Scientific and Educational Cooperation BMSTU (Mytishchi branch), nikitinvv@bmstu.ru.

Received 22.09.2018.

Accepted for publication 29.10.2018.