

УДК 630.78

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-54-61

## МЕТОДИКА СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМОВ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ

А.Н. Заикин<sup>1</sup>, В.В. Никитин<sup>2</sup>, Е.Н. Щербаков<sup>2</sup>, М.В. Муковнина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», 241037, г. Брянск, пр-т Станке Димитрова, д. 3

<sup>2</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

zaikin.anatolij@yandex.ru

Лесозаготовители в процессе своей работы непосредственно контактируют с природной средой. Следовательно, при выборе одного из известных или проектировании нового технологического процесса лесозаготовки возникает проблема воздействия лесосечной техники на лесную экосистему. В статье изложены результаты исследований по совершенствованию технологических процессов лесосечных работ на основе математического моделирования. Основная цель — увеличение объема выработки всего комплекта машин до уровня выработки ведущей машины. Приведены методика и пример вычисления количественных оценок снижения техногенного воздействия лесосечных машин на лесную экосистему. Исследования показывают, что удельное снижение объема вредных выбросов, например, оксида углерода CO колеблется в пределах 8...21 % от общего объема выбросов в зависимости от годового объема производства.

**Ключевые слова:** лесные экосистемы, вредное воздействие машин, вредные выбросы, выхлопные газы, комплект машин, режимы работы

**Ссылка для цитирования:** Заикин А.Н., Никитин В.В., Щербаков Е.Н., Муковнина М.В. Методика снижения объемов техногенного воздействия лесосечных машин на лесные экосистемы на основе математического моделирования режимов их работы // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 5. С. 54–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-54-61

Технологический процесс лесозаготовительного производства проходит под открытым небом, поэтому на рабочих и технику непосредственно воздействуют разнообразные природные факторы. Неравномерное распределение работ в процессе заготовки древесины связано с рассредоточенностью технологических операций по значительной территории и частым перемещением машин с одной лесосеки на другую. Следует также учитывать, что лесосечные работы выполняются с использованием различных технологических схем и разными комплектами машин.

Проблема снижения уровня негативного воздействия лесосечной техники на лесные экосистемы при различных видах рубок стала в последние десятилетия ключевой не только при проектировании новых машин, но и при организации их работы. Снижению техногенного воздействия лесных машин на окружающую среду и уменьшению экономических потерь, посвящены многочисленные научные работы [1–17].

### Цель работы

Цель работы — увеличить объем выработки всего комплекта машин до уровня выработки ведущей машины, используя результаты исследований по совершенствованию технологических процессов лесосечных работ на основе математического моделирования, рассчитать количественные оценки снижения техногенного воздействия лесосечных машин на лесную экосистему.

### Материалы и методы

Лесозаготовители в процессе своей работы непосредственно контактируют с природной средой. При выборе одного из известных или проектировании нового технологического процесса лесозаготовки необходимо уметь оценить воздействия комплекта лесосечной техники на лесную экосистему. Данная проблема весьма актуальна, а решение ее до сих пор не найдено из-за отсутствия количественных оценок этого воздействия [7].

Авторы работы [1] предлагают подразделять повреждения, причиняемые техникой окружающей среде, на четыре группы: 1) повреждение стволов деревьев и корневых шеек (разрывы, обдиры коры, облом сучьев, слом вершин, ошмыг крон); 2) повреждение корневой системы дерева (видимые и невидимые переломы, разрыв корней, обдир корневой коры); 3) нарушение почвенного покрова (уплотнение почвы, влекущее ухудшение питательных функций корневой системы, образование колеи, эрозия); 4) загрязнения лесных экосистем (ЛЭС) топливом, маслами и выхлопными газами.

Факторы, определяющие степень воздействия техники на лесные экосистемы, также предлагается подразделить на четыре базовые группы: природно-климатические, организационные, технологические и конструктивные.

Факторы первой группы обусловлены природой и потому неуправляемы. Остальные же три группы факторов обусловлены человеческой деятельностью.

К организационным факторам следует отнести отвод в рубку участка леса, выбор для его освоения технологии и комплекта машин, расчет оптимальных режимов работы техники, обеспечивающих максимальную выработку комплекта машин и, следовательно, освоение лесосеки в сжатые сроки. Также к этой группе относятся форма и уровень оплаты труда рабочих, занятых на лесозаготовках, их квалификация, форма контроля качества выполнения работ.

Наибольший интерес среди факторов этой группы представляют определение оптимальных режимов работы лесозаготовительной техники и организация ее функционирования, обеспечивающая максимальную выработку комплекта машин при минимальных экономических затратах, что, в свою очередь, влечет освоение лесосеки в сжатые сроки и, как следствие, снижение вредного воздействия машин на ЛЭС.

### Предложения по совершенствованию технологического процесса

Общеизвестно, что подобрать численность лесосечных машин в комплекте таким образом, чтобы объем выработки на всех операциях был идентичен, практически невозможно. Дисбаланс объемов выработки, в свою очередь, является причиной простоев наиболее производительных машин в комплекте и снижения общего объема выработки до уровня минимальной выработки на слабейшей операции. А это влечет за собой увеличение срока разработки лесосеки и рост эксплуатационных затрат.

Для увеличения объема выработки всего комплекта машин до уровня производительности звена ведущих машин и за счет этого снижения продолжительности разработки лесосеки и эксплуатационных затрат мы предлагаем на операциях с объемом выработки меньшим, чем  $Q_{\max}$ , на определенное, рассчитанное для данных производственных условий, время увеличивать численность и/или сменность работы на соответствующих операциях одной или нескольких основных машин.

Лесосечные операции технически и технологически увязаны между собой посредством перемещаемых запасов древесины. Для оперативного планирования и управления объемами этих запасов, необходимых в конкретных производственных условиях для различных вариантов комплектов машин, времени пополнения, потребления и выработки запасов, нами разработаны математические модели и ЭВМ-программы. Использование данных моделей позволяет рассчитывать оптимальные режимы работы комплекта

машин при условиях максимальной выработки и минимальных удельных эксплуатационных затрат за счет подключения дополнительного оборудования на отстающих операциях. Организация лесосечных работ с учетом поддержания оперативных запасов на рассчитанном для конкретных условий уровне, с применением маневрирования численностью и/или сменностью работы машин на отстающих операциях, позволяет увеличить объем выработки всего комплекта машин и, как следствие, сократить сроки разработки лесосеки, снизить эксплуатационные затраты и вредное воздействие на ЛЭС [18].

### Методика и пример расчета снижения объемов техногенного воздействия лесосечных машин на лесные экосистемы

Допустим, что разработка лесосеки осуществляется комплектом машин в составе одной ЛП-19, двух ЛТ-154 и одной ЛП-33А, при среднем расстоянии трелевки до 300 м, среднем объеме хлыста 0,22...0,29 м<sup>3</sup>. Используя единые нормы выработки машин [19–22], определим максимальный и минимальный объемы выработки комплекта машин, которые составят 174 и 123 м<sup>3</sup> соответственно. Разность между максимальным и минимальным значениями объемов выработки за день (т. е. потенциальное увеличение объема выработки комплекта машин) составляет 51 м<sup>3</sup>. При увеличении среднего объема хлыста эта разность может возрасти до 95 м<sup>3</sup> (табл. 1).

Число дней, на которое сокращается срок разработки лесосеки при изменении численности лесосечных машин (или сменности их работы), определяется как разность между значениями длительности периода освоения лесосеки при условиях минимальной и максимальной выработки комплекта машин на конкретной лесосеке

$$D_{эв} = D_{ро} - D_{рд}, \quad (1)$$

где  $D_{ро}$  и  $D_{рд}$  — длительность периода разработки лесосеки, дней, при минимальной и максимальной выработке комплекта машин соответственно.

Поддержание оперативных запасов на определенном уровне, рассчитанном для конкретных производственных условий с учетом подключения дополнительных машин на отстающих операциях, дает возможность увеличить объем выработки комплекта машин до 40 % (см. табл. 1) и уменьшить число дней работы машин на лесосеке до 30 % (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

**Значение нормы выработки, максимального и минимального объемов выработки комплекта машин и разности между ними для различных объемов хлыста**

**The value of the production rate, the maximum and minimum volumes of production by a set of machines and the difference between them for different volumes of tree length**

Средний объем хлыста $q_{хл}$ , м <sup>3</sup>	Объем выработки комплекта машин, м <sup>3</sup> /день					Увеличение объема выработки	
	Норма выработки			Объем выработки			
	ЛП-19 (1 шт.)	ЛТ-154 (2 шт.)	ЛП-33А (1 шт.)	$\Pi_{max}$	$\Pi_{min}$	м <sup>3</sup> / день	%
0,22–0,29	165	174	123	174	123	51	41,5
0,30–0,39	195	200	144	200	144	56	38,9
0,40–0,49	225	218	163	225	163	62	38,0
0,50–0,75	265	234	190	265	190	75	39,5
0,76–1,10	310	248	223	310	223	87	39,0
1,1 и более	355	264	260	355	260	95	36,5

Т а б л и ц а 2

**Сокращение периода разработки лесосеки в зависимости от среднего объема хлыста и годового объема производства**

**Logging area reduction period depending on the average volume of the tree length and the annual production**

Объем производства, тыс. м <sup>3</sup>	Число дней, на которое сокращается продолжительность разработки лесосеки, при среднем объеме хлыста $q_{хл}$ , м <sup>3</sup> , равном					
	0,2–0,29	0,3–0,39	0,4–0,49	0,5–0,75	0,76–1,0	$q_{хл} \geq 1,1$
12	28	23	21	18	16	12
14	34	27	24	21	18	14
16	38	31	27	24	20	16
18	43	35	30	27	23	18
20	48	39	34	30	25	21
22	53	43	37	33	28	23
24	57	47	40	35	30	25
26	62	51	44	39	33	27
28	67	54	48	41	36	29
30	72	58	51	45	38	30

Ускорение освоения отведенной в рубку лесосеки позволяет уменьшить вредное воздействие машин на лесные экосистемы. Это уменьшение достигается за счет следующих факторов. Во-первых, уменьшится объем вредных выбросов (СО, NO<sub>x</sub>, СН и прочих соединений), поступающих в атмосферу с выхлопными газами и загрязняющих ее.

Во-вторых, увеличится время, доступное для проведения технического обслуживания и ухода за машинами, что даст возможность повысить экологичность машин. Эта тема в настоящее время недостаточно изучена, а ее результаты практически не используются в производственной практике. Поэтому нами была поставлена задача: разработать методику оценки и снижения объемов негативного воздействия лесосечных машин на ЛЭС на основании расчета режимов работы

машин и организации технологического процесса, который обеспечил бы снижение уровня вредного воздействия машин на ЛЭС в различных природно-производственных условиях.

Суть предлагаемой нами методики заключается в следующем. Объем отравляющих веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами двигателей лесных машин, можно определить по формуле:

$$V_B = \sum q_{sji} N_{eji} n_{ji} D_{ji} T_{cm} k_{ji}, \quad (2)$$

где  $q_{sji}$  — удельный объем выбросов каждого  $s$ -го элемента, мг/ч,  $j$ -м типом машин на  $i$ -й операции;

$N_{eji}$  — мощность двигателя  $j$ -й машины  $i$ -й операции, кВт;

$n_{ji}$  — количество работающих машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;  
 $D_{ji}$  — число дней работы машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;  
 $T_{см}$  — продолжительность смены, ч;  
 $k_{ji}$  — коэффициент сменности работы машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции.

В результате сокращения продолжительности разработки лесосеки будет снижаться и вредное воздействие лесосечных машин на окружающую среду: объем вредных выбросов в атмосферу с выхлопными газами; вредное воздействие на почвенный покров, особенно в весенний период; шумовое воздействие и пр.

Объем снижения вредных выбросов рассчитывается по формуле

$$V_{BS} = \sum q_{sji} N_{еji} n_{ji} D_{эв} T_{см} k_{ji}, \quad (3)$$

где  $D_{эв}$  — число дней, на которое сокращается время разработки лесосеки.

Период освоения лесосеки сокращается за счет увеличения численности или сменности работы лесосечных машин на отстающих операциях. Если срок разработки лесосеки не сокращать, то будут дополнительно производиться выбросы вредных веществ в атмосферу, объем которых можно оценить по формуле

$$V_{BS}^{(\delta)} = \sum q_{sji} N_{еji}^{(\delta)} n_{ji}^{(\delta)} D_{ji}^{(\delta)} T_{см} k_{ji}^{(\delta)}, \quad (4)$$

где  $N_{еji}^{(\delta)}$  — мощность двигателя дополнительной машины  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;

$n_{ji}^{(\delta)}$  — количество (как правило, одна) дополнительных машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;

$D_{ji}^{(\delta)}$  — число дней работы дополнительных машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции, определяется по методике [18];

$k_{ji}^{(\delta)}$  — коэффициент сменности работы (как правило,  $k_{ji}^{(\delta)} = 1$ ) дополнительных машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции.

Число дней работы  $D_{ji}^{(\delta)}$  дополнительного оборудования  $j$ -го типа на  $i$ -й операции на весь период разработки лесосеки определяется по методике, изложенной в [18], как произведение продолжительности работы  $t_{ji}$  этих машин за каждый отдельный месяц на число месяцев  $n_m$  разработки лесосеки

$$D_{ji}^{(\delta)} = t_{ij} n_m. \quad (5)$$

В случае, если продолжительность работы дополнительных машин  $t_{ji}$  в каждом отдельном месяце не равны между собой, число дней работы дополнительного оборудования можно рассчитать по формуле

$$D_{ji}^{(\delta)} = \sum t_{ji}. \quad (6)$$

Число месяцев разработки лесосеки можно рассчитать как частное от деления ликвидного запаса древесины на лесосеке  $Q_{л}$  на объем древесины, заготавливаемой в месяц ( $Q_{м} = Q_{\max} T_n$ ):

$$n_m = \frac{Q_{л}}{Q_{м}}, \quad (7)$$

где  $T_n$  — число дней работы в расчетном месяце.

Тогда абсолютное уменьшение объема вредных выбросов в атмосферу каждого отдельного  $s$ -го элемента может быть рассчитано по формуле

$$V_{BS}^{(a)} = V_{BS} - V_{BS}^{(\delta)}. \quad (8)$$

Результаты расчетов абсолютного снижения объема вредных выбросов, в частности оксида углерода CO, в зависимости от среднего объема хлыста и годового объема производства представлены в виде графической модели (рис. 1).

Абсолютное снижение объема вредных выбросов — оксида углерода CO, выраженное в процентах от общего объема его выбросов за весь срок разработки лесосеки, приведено на рис. 2.

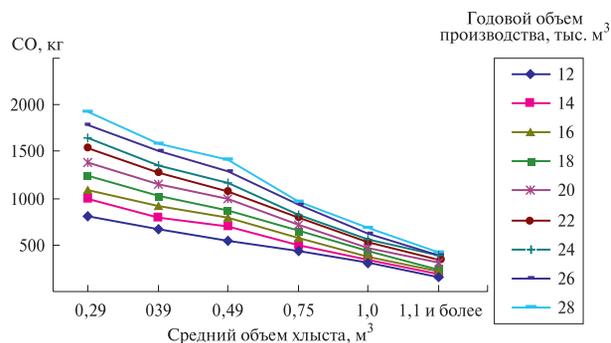


Рис. 1. Зависимость абсолютного снижения объемов вредных выбросов от среднего объема хлыста и годового объема производства

Fig. 1. The dependence of the absolute reduction of harmful emissions on the average volume of the tree length and the annual production

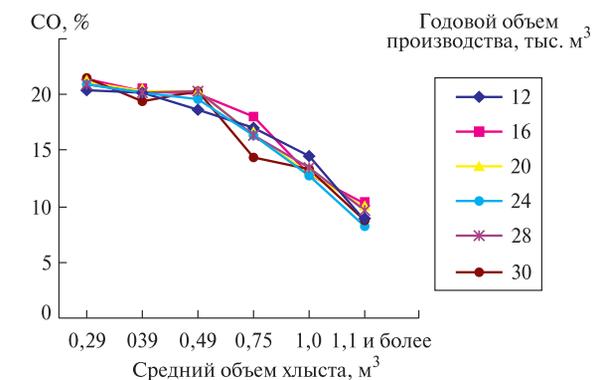


Рис. 2. Абсолютное снижение объема вредных выбросов CO, в % от общего объема выбросов

Fig. 2. Absolute reduction of CO emissions, % of total emissions

Т а б л и ц а 3

**Зависимость площади лесных почв, га, сохранных от разрушения,  
от годового объема производства и среднего объема хлыста (min–max)**  
Dependence of the area of forest soils, hectares, saved from destruction, on the annual production  
and the average volume of the tree length (min–max)

Средний объем хлыста $q_{хл}$ , м <sup>3</sup>	Годовой объем производства, тыс. м <sup>3</sup>								
	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	Площадь сохранных лесных почв, га								
0,22–0,29	4,0–41	4,9–49	5,5–55	6,2–62	6,9–69	7,7–77	8,3–83	9,0–90	9,7–97
0,3–0,39	3,8–38	4,5–45	5,1–51	5,8–58	6,5–65	7,2–72	8,5–85	8,5–85	9,0–90
0,4–0,49	3,9–39	4,5–45	5,1–51	5,5–56	6,4–64	6,9–69	8,2–82	8,2–82	9,0–90
0,5–0,75	4,0–40	4,6–46	5,3–53	6,0–60	6,6–66	7,3–73	8,6–86	8,6–86	9,0–90
0,76–1,0	4,1–41	4,6–46	5,2–52	5,9–59	6,6–65	7,2–72	8,5–85	8,5–85	9,3–93
1,1 и более	3,6–36	4,4–44	5,0–50	5,3–53	6,2–62	6,8–68	8,0–80	8,0–80	8,6–86

## Результаты и обсуждение

Предложенный нами метод расчета режимов работы лесосечных машин, как показывают производственные исследования и исследования на модели, позволяют значительно сократить продолжительность разработки лесосек, а также заранее проанализировать возможные технологические варианты освоения лесосек, своевременно начать и закончить разработку каждой конкретной лесосеки.

Площадь лесных почв, сохранных от разрушения, зависит от числа дней, на которое уменьшится срок разработки лесосеки, дневного объема выработки комплекта лесосечных машин и среднего запаса древесины на гектаре

$$S_c = \frac{Q_{\max} D_{эв}}{g_{\text{ср}}} K_{эв}, \quad (9)$$

где  $g_{\text{ср}}$  — средний запас древесины, м<sup>3</sup>/га;

$K_{эв}$  — коэффициент использования сэкономленного времени ( $K_{эв} = 0,1-1$ ).

Результаты расчетов площадей лесных почв, предохраненных от разрушения, в зависимости от годового объема производства и среднего объема хлыста приведены в табл. 3.

## Выводы

Из рис. 2 видно, что объем вредных выбросов СО снижается на 8...21 %. В то же время для значений среднего объема хлыста в диапазоне 0,22...0,29 м<sup>3</sup> это снижение находится в пределах 20...21 %, а для значений 1,1 м<sup>3</sup> и более — в пределах 8...10 %. Иначе говоря, для одной и той же величины объема хлыста значение абсолютного снижения объема вредных выбросов изменяется незначительно. Между тем для одного и того же значения объема производства с ростом величины среднего объема хлыста объем вредных выбросов снижается более чем в 2 раза.

Полученная зависимость имеет линейный характер. Для фиксированного значения объема хлыста при увеличении годового объема производства наблюдается рост объема вредных выбросов СО. Напротив, с возрастанием объема хлыста при одном и том же объеме производства объем вредных выбросов снижается. Это объясняется тем, что в первом случае число дней разработки лесосеки увеличивается, а во втором — уменьшается (см. табл. 2).

Анализ результатов, приведенных табл. 3, показывает, что даже при минимально возможном коэффициенте использования сэкономленного времени площади лесных почв, сохранных от разрушения, достигают значительных размеров, в среднем 4...10 га.

При разработке зимних лесосек желательно завершать лесосечные операции до начала интенсивного таяния снега. При разработке летних лесосек есть возможность компенсировать возможные простои машин из-за затяжных дождей, обеспечить соответствующее увеличение объемов выработки машин на каждой операции дополнительным комплектом машин. Такая организация работы позволяет эксплуатировать лесосечные машины в более сухой период времени, что значительно снижает их вредное воздействие на почвенный покров.

## Список литературы

- [1] Герасимов Ю.Ю., Сюнев В.С. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок. Финляндия. Йёнсуу: Изд-во университета Йёнсуу, 1998. 178 с.
- [2] Жидков А.Н. Нормирование техногенного воздействия на леса // Лесное хозяйство, 2000. № 1. С. 37–39.
- [3] Климов О.Г. Влияние выбросов лесохозяйственных тракторов на состояние экологии // Лесное хозяйство, 2003. № 1. С. 46, 47.
- [4] Климов О.Г., Доронищева Е.Г. О концентрации в воздухе загрязняющих веществ, выбрасываемых лесопромышленной техникой // Лесное хозяйство, 2003. № 4. С. 48.

- [5] Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 278 с.
- [6] Обыденников В.И. Лесоводственно-экологические аспекты оценки систем рубок главного пользования и лесосечных машин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2004. № 5. С. 75–80.
- [7] Полеготченков В.С., Заикин А.Н. Перспективные методы и направления снижения вредных воздействий лесозаготовительных машин на лесные экосистемы // Альтернативные транспортные технологии, 2018. Т. 5. № 1 (8). С. 309–312.
- [8] Заикин А.Н., Рыжикова Е.Г., Теремкова И.И. Метод оперативного планирования и управления лесосечными работами // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2017. № 2 (356). С. 107–118.
- [9] Заикин А.Н., Теремкова И.И., Афоничев Д.Н. Методика автоматизированного оперативного планирования лесосечных работ // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2017. № 3 (54). С. 102–109.
- [10] Заикин А.Н., Меркелов В.М., Рыжикова Е.Е., Теремкова И.И. Методика расчета объемов снижения потребления топлива лесосечными машинами // Актуальные проблемы развития лесного комплекса и ландшафтной архитектуры: Материалы Международной научно-практической конференции. Брянск, БГИТА, 6–7 апреля 2016 г. Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2016. С. 86–88.
- [11] Заикин А.Н., Рыжикова Е.Г., Теремкова И.И., Меркелов В.М. К вопросу о работоспособности многооперационных технологических систем // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2015. Т. 3. № 2–1 (13–1). С. 216–220.
- [12] Заикин А.Н., Рыжикова Е.Г. Методика расчета продолжительности и оценки энергозатрат работы лесосечных машин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2015, № 1 (343). С. 94–102.
- [13] Заикин А.Н., Ильяхин Д.С., Рыжикова Е.Г., Теремкова И.И. Результаты моделирования работы лесосечных машин и определения объемов снижения негативного воздействия лесосечных машин на лесные экосистемы // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2014. Т. 2. № 3–4 (8–4). С. 212–216.
- [14] Заикин А.Н., Меркелов В.М., Рыжикова Е.Г., Теремкова И.И. Методика расчета снижения объемов вредных выбросов в атмосферу с отработавшими газами лесосечных машин // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2014. № 40. С. 9–12.
- [15] Zaikin A.N., Nikitin V.V., Mukovnina M.V., Scherbakov E.N. Reducing Industrial Impact on Forest Ecosystems by Improving the Organization of Harvesting Operations // Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering, 2018, v. 11 (60), no. 1, pp. 69–76.
- [16] Korotkov S.A., Lopatnikov M.V., Nikitin V.V. Forest-use Issues in Moscow Region at the Beginning of 21st Century // Bulletin of the Transilvania University of Braşov, 2016, v. 9 (58), no. 2, pp. 17–24.
- [17] Nikitin V.V., Mukovnina M.V. Estimation of Forestry Losses at Off-the-road Operations // Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Council on Forest Engineering / Eds S.A. Baker, M.C. Bolding, W.D. Greene. Charleston S.C., June 2008. P. 131–136.
- [18] Заикин А.Н. Моделирование режимов работы лесосечных машин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2009. № 1. С. 71–77.
- [19] Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовительные работы. М.: Экономика, 1989. 94 с.
- [20] Редькин А.К., Якимович С.Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок. М.: МГУЛ, 2005. 504 с.
- [21] Nikitin V.V. Forest Road Network Optimal Density. Environmental Outlook // Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Council on Forest Engineering / Eds S.A. Baker, M.C. Bolding, W.D. Greene. Charleston S.C., June 2008. P. 245.
- [22] Karpachev S.P., Zaprudnov V.I., Bykovskiy M.A., Scherbakov E.N. Quantitative Estimation of Logging Residues by Line-intersect Method // Croatian Journal of Forest Engineering, 2017, v. 38, no. 1, pp. 33–45.

## Сведения об авторах

**Заикин Анатолий Николаевич** — д-р техн. наук, профессор Брянского государственного инженерно-технологического университета, zaikin.anatolij@yandex.ru

**Никитин Владимир Валентинович** — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), nick@mgul.ac.ru

**Щербаков Евгений Николаевич** — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), scherbakov@mgul.ac.ru

**Муковнина Марина Валериевна** — ведущий аналитик МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), mukovnina@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 17.09.2018.

Принята к публикации 22.10.2018.

# METHOD OF DECREASE OF FOREST MACHINERY TECHNOGENIC IMPACT ON FOREST ECOSYSTEMS BASED ON OPERATING MODES SIMULATING

A.N. Zaikin<sup>1</sup>, V.V. Nikitin<sup>2</sup>, E.N. Shcherbakov<sup>2</sup>, M.V. Mukovnina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bryansk State Engineering and Technology University, 3, Stanke Dimitrova, av., 241037, Bryansk, Russia

<sup>2</sup>BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

zaikin.anatolij@yandex.ru

Forest industry directly contacts the nature. Therefore, while setting the technological requirements to forest machinery system an engineer should take into account the environmental impact of its future operation. Authors consider this problem topical and still unsolved, mostly due to this implication quantitative estimating technique absence. Hence, the article contains some results of research of forest operations technology enhancement based on its stimulation. The aim was to increase the harvesting system output up to the leading machine labor capacity level and as a result to decrease the cutting time. Using the stimulating analysis, the authors propose the approach and the pattern for the numerical estimation of harvesting machines technogenic impact on the forest ecosystems. In particular, the research proves that the absolute carbon oxide (CO) reduction in percentage terms to machines emission general volume during logging time is from 8 to 21% depending of annual felling volume.

**Keywords:** forest ecosystems, machines negative effect, polluting emissions, exhaust fumes, set of machines, harvesting system, operating modes

**Suggested citation:** Zaikin A.N., Nikitin V.V., Shcherbakov E.N., Mukovnina M.V. *Metodika snizheniya ob'emov tekhnogenogo vozdeystviya lesosechnykh mashin na lesnye ekosistemy na osnove matematicheskogo modelirovaniya rezhimov ikh raboty* [Method of decrease of forest machinery technogenic impact on forest ecosystems based on operating modes simulating]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 5, pp. 54–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-54-61

## References

- [1] Gerasimov Yu.Yu., Syuney V.S. *Ekologicheskaya optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov i mashin dlya lesozagotovok* [Ecological optimization of technological processes and machines for logging]. Joensuu: Izd-vo universiteta Yoensuu [University of Joensuu], 1998, 178 p.
- [2] Zhidkov A.N. *Normirovanie tekhnogenogo vozdeystviya na lesa* [Normalization of technogenic impact on forest]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 2000, no. 1, pp. 37–39.
- [3] Klimov O.G. *Vliyaniye vybrosov lesokhozyaystvennykh traktorov na sostoyaniye ekologii* [Effect of emissions of forestry tractors on the state of the environment]. *Lesnoye Khozyaystvo* [Forestry], 2003, no. 1, pp. 46, 47.
- [4] Klimov O.G., Doronicheva E.G. *O kontsentratsii v vozdukh zagryaznyayushchikh veshchestv, vybrasyvaemykh lesopromyshlennoy tekhnikoy* [On the concentration of pollutants emitted by forestry machinery in the air]. *Lesnoye Khozyaystvo* [Forestry], 2003, no. 4, p. 48.
- [5] Nikolaevskiy V.S. *Biologicheskie osnovy gazoustoychivosti rasteniy* [Biological basis of gas resistance of plants]. Novosibirsk: Nauka, 1979, 278 p.
- [6] Obydennikov V.I. *Lesovodstvenno-ekologicheskie aspekty otsenki sistem rubok glavnogo pol'zovaniya i lesosechnykh mashin* [Forest-ecological aspects of evaluation of felling systems for main use and logging machines]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2004, no. 5, pp. 75–80.
- [7] Polegotchenkov V.S., Zaikin A.N. *Perspektivnye metody i napravleniya snizheniya vrednykh vozdeystviy lesozagotovitel'nykh mashin na lesnye ekosistemy* [Perspective methods and directions for reducing harmful effects of forest harvesters on forest ecosystems]. *Alternativnye transportnye tekhnologii* [Alternative Transport Technologies], 2018, v. 5, no. 1 (8), pp. 309–312.
- [8] Zaikin A.N., Ryzhikova E.G., Teremkova I.I. *Metod operativnogo planirovaniya i upravleniya lesosechnymi robotami* [The method of operational planning and management of logging operations]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 2 (356), pp. 107–118.
- [9] Zaikin A.N., Teremkova I.I., Afonichev D.N. *Metodika avtomatizirovannogo operativnogo planirovaniya lesosechnykh robot* [Technique of automated operational planning of logging operations]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Voronezh State Agrarian University], 2017, no. 3 (54), pp. 102–109.
- [10] Zaikin A.N., Merkelov V.M., Ryzhikova E.E., Teremkova I.I. *Metodika rascheta ob'emov snizheniya potrebleniya topliva lesosechnymi mashinami* [Methodology for calculating the volumes of fuel consumption reduction by logging machines]. *Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa i landshaftnoy arkhitektury: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryansk, BGITA, 6–7 aprelya 2016 g.* [Actual problems of forest complex development and landscape architecture: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Bryansk, BGITA, 6–7 April 2016]. Bryansk: [BGITA], 2016, pp. 86–88.
- [11] Zaikin A.N., Ryzhikova E.G., Teremkova I.I., Merkelov V.M. *K voprosu o rabotosposobnosti mnogooperatsionnykh tekhnologicheskikh sistem* [To the question of the efficiency of multi-operational technological systems]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2015, v. 3, no. 2–1 (13–1), pp. 216–220.
- [12] Zaikin A.N., Ryzhikova E.G. *Metodika rascheta prodolzhitel'nosti i otsenki energozatrat raboty lesosechnykh mashin* [Methodology for calculating the duration and assessment of energy consumption of logging machines]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2015, no. 1 (343), pp. 94–102.

- [13] Zaikin A.N., Il'yukhin D.S., Ryzhikova E.G., Teremkova I.I. *Rezultaty modelirovaniya raboty lesosechnykh mashin i opredeleniya ob'emov snizheniya negativnogo vozdeystviya lesosechnykh mashin na lesnye ekosistemy* [The results of modeling the work of logging machines and determining the reduction in the negative impact of logging machines on forest ecosystems]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current trends in scientific research in the 21st century: theory and practice], 2014, v. 2, no. 3–4 (8–4), pp. 212–216.
- [14] Zaikin A.N., Merkelov V.M., Ryzhikova E.G., Teremkova I.I. *Metodika rascheta snizheniya ob'emov vrednykh vybrosov v atmosferu s otrabotavshimi gazami lesosechnykh mashin* [Methodology for calculating the reduction in the volume of harmful emissions to the atmosphere with the exhaust gases of logging machines]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2014, no. 40, pp. 9–12.
- [15] Zaikin A.N., Nikitin V. V., Mukovnina M.V., Scherbakov E.N. Reducing Industrial Impact on Forest Ecosystems by the Improving the Organization of Harvesting Operations. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*, 2018, v. 11 (60), no. 1, pp. 69–76.
- [16] Korotkov S.A., Lopatnikov M.V., Nikitin V.V. Forest-use Issues in the Moscow Region at the Beginning of 21st Century] *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 2016, v. 9 (58), no. 2, pp. 17–24.
- [17] Nikitin V.V., Mukovnina M.V. Estimation of Forestry Losses at the Off-the-road Operations. *Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Council on Forest Engineering*. Eds. S.A. Baker, M.C. Bolding, W.D. Greene. Charleston S.C., June 2008, pp. 131–136.
- [18] Zaikin A.N. *Modelirovanie rezhimov raboty lesosechnykh mashin* [Modeling of operating modes of logging machines]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 71–77.
- [19] *Edinye normy vyrabotki i rastsenki na lesozagotovitel'nye raboty* [Unified norms for the development and pricing of logging operations]. Moscow: *Ekonomika* [Economics], 1989, 94 p.
- [20] Red'kin A.K., Yakimovich S.B. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya tekhnologiy lesozagotovok* [Mathematical modeling and optimization of logging technologies]. Moscow: MGUL, 2005, 504 p.
- [21] Nikitin V.V. Forest Road Network Optimal Density. *Environmental Outlook. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Council on Forest Engineering* / Eds. S.A. Baker, M.C. Bolding, W.D. Greene. Charleston S.C., June 2008, p. 245.
- [22] Karpachev S.P., Zaprudnov V.I., Bykovskiy M.A., Scherbakov E.N. Quantitative Estimation of Logging Residues by Line-intersect Method. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2017, v. 38, no. 1, pp. 33–45.

## Authors' information

**Zaikin Anatoliy Nikolaevich** — Dr. Sci. (Tech.), Professor of Bryansk State Engineering and Technology University, zaikin.anatolij@yandex.ru

**Nikitin Vladimir Valentinovich** — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), nick@mgul.ac.ru

**Shcherbakov Evgeniy Nikolaevich** — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), scherbakov@mgul.ac.ru

**Mukovnina Marina Valerievna** — Leading Analyst of the BMSTU (Mytishchi branch), mukovnina@mgul.ac.ru

Received 17.09.2018.

Accepted for publication 22.10.2018.