

УДК 630\*308:504.3.054:656

**А.Н. Заикин**

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Заикин Анатолий Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии, действительный член МАНЭБ. Имеет около 170 печатных работ в области совершенствования техники и технологии лесозаготовок.  
E-mail: mail@bgita.ru



### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК КАК ОСНОВА СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

Рассмотрены виды отрицательного воздействия машин на лесные экосистемы, проблемы снижения его уровня. Предложены аналитические модели расчета объемов вредных выбросов и их снижения, а также площадей лесных почв, сохраненных от возможного техногенного воздействия машин.

*Ключевые слова:* лесозаготовительные машины и оборудование, вредные выбросы, сроки разработки лесосеки.

В последние десятилетия проблема снижения отрицательного воздействия лесосечных машин на лесные экосистемы при сплошных рубках стала ключевой не только при проектировании новой техники, но и при организации ее работы. Поэтому целью данной работы является: определение факторов, влияющих на степень этого воздействия; разработка математических моделей, позволяющих при правильной организации работы машин рассчитать размер его снижения в зависимости от среднего объема хлыста и объемов производства.

Повреждения, причиняемые техникой природной среде, можно условно разделить на четыре группы. Это повреждения ствольной части дерева и корневой шейки (разрыв и обдир коры, облом сучьев, ошмыг крон, слом вершин); корней (видимые и невидимые переломы, разрыв корней, обдиры их коры); почвенного покрова (уплотнение почвы с ухудшением питательных функций корневых систем, образование колеи, эрозия); попадание топлива, масел и выхлопных газов в лесную экосистему. Кроме того, факторы, определяющие степень воздействия машин на лесные экосистемы, делятся на природно-климатические, организационно-технологические и конструктивные

[1]. Сущность природно-климатических факторов очевидна. К организационно-технологическим относятся состояние участка леса, применяемые технологии и системы машин, а также форма и уровень оплаты труда рабочих, занятых на лесозаготовках, их квалификация, форма контроля за проведением работ.

Наибольший интерес представляют назначение и организация оптимальных режимов работы машин, а также снижение их негативного воздействия на лесные экосистемы (ЛЭС). Как показали проведенные нами исследования, при правильной организации работы можно значительно (до 30 %) уменьшить сроки освоения лесосеки. Это дает возможность снизить техногенное воздействие машин на лесные почвы, объем выбросов CO, NO<sub>x</sub>, СН и других веществ, загрязняющих атмосферу. Улучшение качества технического обслуживания также позволит повысить экологичность машин. Такой подход к минимизации негативного воздействия машин на ЛЭС пока недостаточно изучен и практически не используется. В связи с этим стоит задача разработать математические модели для определения режимов работы лесосечных машин и выработать рекомендации по ее организации в конкретных природно-производственных условиях, обеспечивающих снижение уровня вредного воздействия машин.

Объем отравляющих веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами двигателей лесных машин ( $V_B$ ), можно определить по формуле

$$V_B = \sum q_{sji} N_{eji} n_{ji} D_{ji} T_{cm} k_{ji}, \quad (1)$$

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

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

$n_{ji}$  – число работающих машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;

$D_{ji}$  – число дней работы машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;

$T_{cm}$  – продолжительность смены, ч;

$k_{ji}$  – коэффициент сменности работы машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции.

Поддержание оперативных запасов на определенном для конкретных условий уровне с учетом подключения дополнительных машин на отстающих операциях дает возможность увеличить объем выработки комплекта машин и, как следствие, уменьшить число дней их работы на лесосеке за счет сокращения внутрисменных простоев на смежных операциях [2]. В результате снижается объем выбросов в атмосферу с выхлопными газами; вредное влияние на почвенный покров, особенно в весенний период; шумовое воздействие и др. Объем уменьшения вредных выбросов ( $V_{BS}$ ) может быть рассчитан по формуле

$$V_{BS} = \sum q_{sji} N_{eji} n_{ji} D_{э.в} T_{cm} k_{ji}. \quad (2)$$

Здесь  $D_{э.в}$  – число дней, на которое сокращается время разработки

лесосеки за счет изменения численности или сменности работы лесосечных машин,

$$D_{э.в} = D_{р.о} - D_{р.д}, \quad (3)$$

где  $D_{р.о}$ ,  $D_{р.д}$  – число дней разработки лесосеки соответственно при минимальной и максимальной выработке комплекта.

Значения  $D_{р.о}$ ,  $D_{р.д}$  можно определить по формулам

$$D_{р.о} = Q_{л} / \sum Q_{\min}; \quad (4)$$

$$D_{р.д} = Q_{л} / \sum Q_{\max}, \quad (5)$$

где  $Q_{л}$  – объем древесины на лесосеке, м<sup>3</sup>;

$Q_{\min}$ ,  $Q_{\max}$  – минимальный и максимальный сменный объем выработки комплекта машин за рассматриваемый период (месяц), м<sup>3</sup>.

Время разработки лесосеки сокращается при увеличении численности лесосечных машин или сменности их работы на отстающих операциях. При этом появятся дополнительные выбросы вредных веществ в атмосферу ( $V_{вс}^д$ ), объем которых можно рассчитать по формуле

$$V_{вс}^д = \sum q_{sji} N_{еji}^д n_{ji}^д D_{ji}^д T_{см} k_{ji}^д, \quad (6)$$

где  $N_{еji}^д$  – мощность двигателя дополнительной машины  $j$ -го типа на  $i$ -й операции;

$n_{ji}^д$  – число дополнительных машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции (как правило,  $n_{ji}^д = 1$ );

$D_{ji}^д$  – число дней работы дополнительных машин  $j$ -го типа на  $i$ -й операции, определяется по методике [2];

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

Число дней работы дополнительного оборудования в течение всего периода разработки лесосеки определяется как произведение продолжительности работы ( $t_{ji}$ ) этих машин [2] за каждый отдельный месяц на общее число месяцев ( $n_m$ ):

$$D_{ji}^д = t_{ji} n_m. \quad (7)$$

Значение  $n_m$  является частным от деления общего запаса древесины на лесосеке ( $Q_{л}$ ) на объем, заготовленный за отдельный месяц ( $Q_m$ ):

$$n_m = \frac{Q_{л}}{Q_m}, \quad (8)$$

где  $Q_m = Q_{\max} T_n$  ( $T_n$  – число дней работы в расчетном месяце).

Тогда абсолютное уменьшение объема вредных выбросов в атмосферу каждого отдельного  $s$ -го элемента ( $V_{вс}^а$ ) может быть рассчитано по формуле

$$V_{\text{вс}}^{\text{а}} = V_{\text{вс}} - V_{\text{вс}}^{\text{д}}. \quad (9)$$

Разработку зимних лесосек желательно заканчивать до начала интенсивного таяния снега. Предлагаемая нами методика, как показывают исследования в натуре и на модели, позволяет значительно сократить продолжительность разработки каждой конкретной лесосеки, заранее проанализировав возможные варианты организации производства, своевременно начав и закончив работу. В результате может быть снижено техногенное воздействие машин на лесные почвы.

Размер площадей лесных почв, на которых возможно снижение техногенного воздействия ( $S_c$ ), зависит от числа дней, на которое уменьшится время разработки лесосеки, дневного объема выработки комплекта лесосечных машин и среднего запаса на 1 га:

$$S_c = K_{\text{э.в}} \frac{Q_{\text{max}} D_{\text{э.в}}}{g_{\text{ср}}}, \quad (10)$$

где  $K_{\text{э.в}}$  – коэффициент использования сэкономленного времени;

$g_{\text{ср}}$  – средний запас древесины, м<sup>3</sup>.

При разработке летних лесосек есть вероятность компенсировать простой машин из-за затянувшихся дождей, обеспечить соответствующее увеличение объемов выработки на каждой операции отдельным комплектом машин. Такая организация позволяет эксплуатировать лесосечные машины в более сухой период времени, что значительно снижает их вредное воздействие на почвенный покров.

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

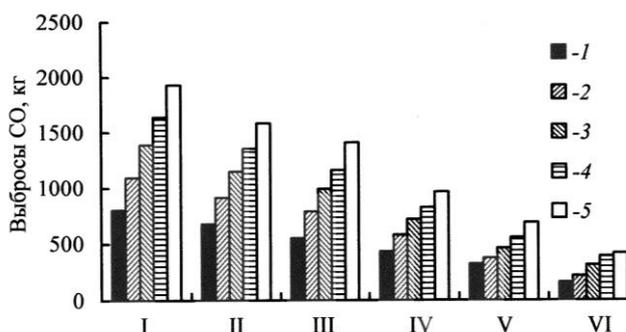
Снижение вредных выбросов оксида углерода рассчитываем по формуле (2). Для дизельных двигателей удельный объем выбросов составляет 14 г/(кВт·ч) [3], все машины (в данном примере их 4) работают на базе трактора ТТ-4 мощностью 95,6 кВт, принимаем 7-часовой рабочий день и коэффициент сменности работы машин, равный 1. Для карбюраторных двигателей удельный объем выбросов СО в 10 раз больше – 140 г/(кВт·ч). Мощность двигателя МП-5 – 3,7, «Тайга-214» – 2,6 кВт. Зная объем снижения вредных выбросов и выбросов от дополнительно подключаемых машин, по формуле (9) можно рассчитать абсолютное уменьшение объема вредных выбросов в атмосферу каждого отдельного  $s$ -го элемента. На основании полученных данных построен график зависимости объема выбросов СО от среднего объема хлыста и годового объема производства (см. рисунок).

Таблица 1

**Объем выработки комплекта машин в зависимости от среднего объема хлыста**

Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Норма выработки, м <sup>3</sup> /дн.			Объем выработки, м <sup>3</sup> /дн.		Увеличение объема выработки	
	ЛП-19 (1 шт.)	ЛТ-154 (2 шт.)	ЛП-33А (1шт.)	$P_{\max}$	$P_{\min}$	м <sup>3</sup> / дн.	%
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
≥ 1,10	355	264	260	355	260	95	36,5

Изменение абсолютного снижения объемов вредных выбросов: I – средний объем хлыста 0,29; II – 0,39; III – 0,49; IV – 0,75; V – 1,0; VI – 1,1 м<sup>3</sup> и более; I – годовой объем производства 12; 2 – 16; 3 – 20; 4 – 24; 5 – 28 тыс.м<sup>3</sup>



Анализ показывает, что для одного и того же объема хлыста абсолютное снижение объема выбросов CO изменяется незначительно, а для одного и того же объема производства с увеличением среднего объема хлыста – более чем в 2 раза.

Из приведенных данных следует, что объем вредных выбросов снижается на 9...21 % от общего их объема, при этом для среднего объема хлыста 0,22...0,29 м<sup>3</sup> – на 20...21, для 1,10 м<sup>3</sup> и более – на 8...10 %.

Анализ полученной зависимости показывает ее линейный характер. Для отдельного объема хлыста с увеличением объема производства абсолютное снижение объема вредных выбросов возрастает, а с увеличением объема хлыста при одном и том же объеме производства это снижение уменьшается. Это объясняется тем, что в первом случае число дней разработки лесосеки увеличивается, а во втором уменьшается.

Зная число дней, на которое сокращается время разработки лесосеки в зависимости от среднего объема хлыста и объема производства, по формуле (10) рассчитываем площади лесных почв, на которых возможно снижение техногенного воздействия машин (табл. 2). Анализ результатов показывает, что даже при минимальном коэффициенте использования сезонного времени площади этих почв достигают значительных размеров, в среднем от 4 до 10 га.

Таблица 2

**Площади лесных почв (min – max), на которых возможно снижение техногенного воздействия машин**

Годовой объем произ- водства, тыс. м <sup>3</sup>	Площадь сохраненных почв, га, при объеме хлыста, м <sup>3</sup>					
	0,22...0,29	0,30...0,39	0,40...0,49	0,50...0,75	0,76...1,10	≥ 1,10
12	4,0...40,0	3,8...38,0	3,9...39,0	4,0...40,0	4,1...41,0	3,6...36,0
14	4,9...49,0	4,5...45,0	4,5...45,0	4,6...46,0	4,6...46,0	4,4...44,0
16	5,5...55,0	5,1...51,0	5,1...51,0	5,3...53,0	5,2...52,0	5,0...50,0
18	6,2...62,0	5,8...58,0	5,5...55,0	6,0...60,0	5,9...59,0	5,3...53,0
20	6,9...69,0	6,5...65,0	6,4...64,0	6,6...66,0	6,6...66,0	6,2...62,0
22	7,7...77,0	7,2...72,0	6,9...69,0	7,3...73,0	7,2...72,0	6,8...68,0
24	8,3...83,0	8,5...85,0	8,2...82,0	8,6...86,0	8,5...85,0	8,0...80,0
26	9,0...90,0	8,5...85,0	8,2...82,0	8,6...86,0	8,5...85,0	8,0...80,0
28	9,7...97,0	9,0...90,0	9,0...90,0	9,0...90,0	9,3...93,0	8,6...86,0

#### Выводы

1. Организационно-технологические факторы, в частности назначение и организация оптимальных режимов работы машин, позволяют с наименьшими затратами повысить эффективность и снизить их негативное воздействие на лесные экосистемы.

2. Предложенные математические модели дают возможность определить объемы выбросов отравляющих веществ с отработавшими газами и площади лесных почв, сохраненных от возможного техногенного воздействия машин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов, Ю.Ю. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок [Текст] / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сюнев. – Йоэнсуу: Изд-во ун-та Йоэнсуу, 1998. – 178 с.

2. Заикин, А.Н. Моделирование режимов работы лесосечных машин [Текст] / А.Н. Заикин // Лесн. журн. – 2009. – № 1. – С. 71–77. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Климов, О.Г. Влияние выбросов лесохозяйственных тракторов на состояние экологии [Текст] / О.Г. Климов // Лесн. хоз-во. – 2003. – № 1. – С. 46–47.

Поступила 12.02.09

*A.N. Zaikin*

Bryansk State Engineering-Technological Academy

#### **Simulation of Logging Processes as Basis of Lowering Negative Impact of Forest Machines on Forest Ecosystems**

The types of negative impact of machines on the forest ecosystems, reduction of its level are considered. The analytical models for calculation of harmful emissions and their lowering, forest areas, their conservation from the possible technogeneus impact of machines are proposed.

Keywords: forest machines and equipment, harmful emissions, terms of the logging site development.