

УДК 630\*380:674

**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, профессор кафедры технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии, действительный член МАНЭБ. Имеет более 140 печатных работ в области совершенствования техники и технологии лесозаготовок.

E-mail: mail@bgita.ru



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН**

Приведены графическая и аналитические модели расчета режимов работы лесосечных машин, обеспечивающие максимальную выработку комплекта в целом и снижение продолжительности разработки лесосеки с учетом подключения дополнительных машин на отстающих операциях.

*Ключевые слова:* лесосечные машины, аналитические модели, режимы работы, максимальная выработка, запасы древесины, дополнительные машины.

Анализ работы лесосечных машин показал, что практически невозможно подобрать число машин в комплекте так, чтобы их производительность на всех операциях была одинаковой. Несбалансированность объемов выработки, как известно, приводит к простоям наиболее производительных машин и снижению общего объема их выработки до минимального. Общий объем выработки всего комплекта машин должен быть равен или близок к максимальному, выполняемому головной машиной, при минимизации экономических затрат и вредного воздействия на лесные экосистемы.

Существующие методики [1–3, 5, 6], которые сводятся в основном к определению объемов запасов между двумя операциями, практически не дают возможности рассчитать их между операциями, а также время пополнения запасов и выработки (режимы работы машин).

Проведенные нами исследования [4] показали два варианта несоответствия объемов выработки на смежных операциях. В первом объем выработки машин на предыдущей  $i$ -й операции больше, чем на последующей  $s$ -й ( $Q_i > Q_s$ ); во втором наоборот. Графическая модель пополнения и выработки объемов оперативных запасов для этих вариантов с учетом подключения дополнительных машин на отстающих операциях в конце расчетного месяца представлена на рис. 1.

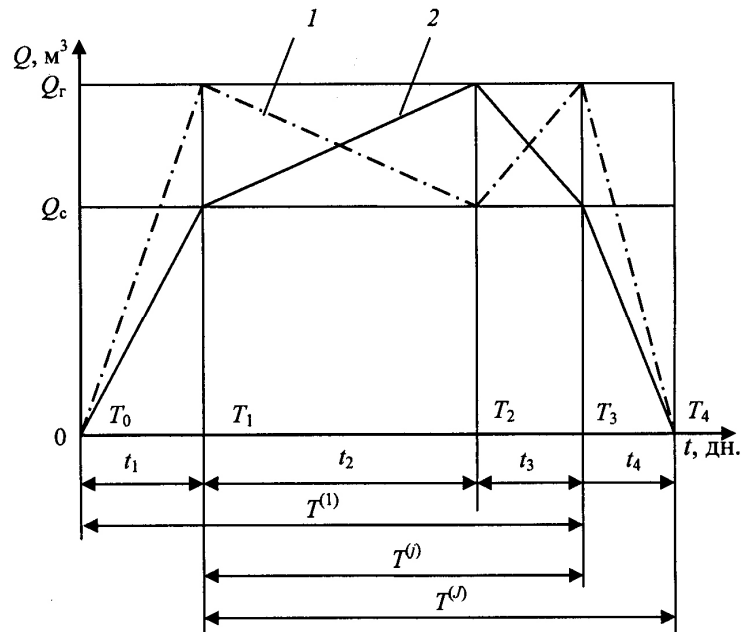


Рис. 1. Изменение запасов древесины в течение периода разработки лесосеки в зависимости от соотношения объемов их пополнения и выработки: 1 –  $Q_i < Q_s$ ; 2 –  $Q_i > Q_s$

Первый месяц ( $T_n^1$ ) разработки лесосеки включает число дней:  $t_1$  – необходимое для создания запасов;  $t_2$  – для их пополнения и выработки основными машинами без подключения дополнительных;  $t_3$  – совместной работы основных и дополнительных машин. Второй и  $j$ -й месяцы ( $T_n^j$ ) (в расчетном периоде  $j = 1, 2, 3, \dots, J$  мес) содержат число дней  $t_2$  и  $t_3$  работы соответственно только основного оборудования, а также основного и дополнительного. Последний месяц ( $T_n^J$ ) характеризуется числом дней  $t_2, t_3, t_4$ , где  $t_4$  – число дней, необходимое основным  $s$ -м машинам (вырабатывающим запасы), для реализации последних после перебазирования  $i$ -х машин (пополняющих запасы) на новую лесосеку.

Время  $T_1$  соответствует началу совместной работы основных машин на предыдущей операции с объемом пополнения запасов  $Q_i$  и последующей с объемом их выработки  $Q_s$ . Если  $Q_i < Q_s$ , объемы запасов с момента  $T_1$  начнут уменьшаться (рис.1, кривая 1), а если  $Q_i > Q_s$  – увеличиваться (рис.1, кривая 2). Для ограничения роста (снижения) объемов запасов необходимо на отстающих операциях в момент времени  $T_2$  подключать дополнительные машины (с объемом пополнения запасов  $Q_{iD}$  или выработки  $Q_{sD}$ ) либо увеличивать число смен работы основных машин. После изменения численно-

сти или сменности работы  $s$ -х машин при  $Q_i > Q_s$  объем выработки запаса увеличится до  $Q_s^{(D)} = Q_s + Q_{sD}$ , что должно быть больше объема пополнения ( $Q_i < Q_s^{(D)}$ ). Тогда объем запасов начнет снижаться и за время  $t_3$  достигнет уровня страхового запаса  $Q_c$  (момент  $T_3$ ).

После подключения дополнительных машин, изменения численности или сменности работы  $i$ -х машин при  $Q_i < Q_s$  объем пополнения запаса увеличится до  $Q_i^{(D)} = Q_i + Q_{iD}$ , что должно быть больше объема выработки ( $Q_i^{(D)} > Q_s$ ). Тогда объем запасов начнет расти и за время  $t_3$  достигнет гарантийного уровня  $Q_r$  (момент  $T_3$ ). Такой режим работы лесосечных машин дает возможность начать второй и  $j$ -й месяц разработки лесосеки, имея оперативный запас  $Q_c$  при  $Q_i > Q_s$  или  $Q_r$  при  $Q_i < Q_s$ .

В соответствии с рис.1 и анализом общепринятого показателя отчетности – числом дней работы машин – нами получены математические модели для определения гарантийного уровня оперативного запаса ( $Q_r$ ) в зависимости от объемов его пополнения и выработки, с учетом подключения дополнительных машин на отстающей операции:

при  $Q_i < Q_s$

$$Q_r = \frac{[T_n^{(1)}(Q_s - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_s) + Q_c Q_{iD}] Q_i}{(Q_s - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_s) + Q_i Q_{iD}}; \quad (1)$$

при  $Q_i > Q_s$

$$Q_r = \frac{(T_n^{(1)} Q_i - Q_c)(Q_i - Q_s)(Q_s^{(D)} - Q_i) + Q_c Q_i Q_{sD}}{Q_i Q_{sD}}. \quad (2)$$

Полученные математические модели (1) и (2) позволяют определить режимы работы, в частности объем гарантийного уровня оперативных запасов между парой операций с учетом максимальной выработки на одной из них и подключением дополнительных машин на отстающей операции в конце планируемого месяца. Для расчета режимов работы комплекта машин, имеющего более двух операций, необходимо применять те же формулы, но с учетом максимальной выработки на одной из операций, т. е. максимальной выработки комплекта машин ( $Q_{\max}$ ). Поэтому модели (1) и (2) для первого месяца разработки лесосеки примут вид:

при  $Q_i < Q_s$

$$Q_r = \frac{[T_n^{(1)}(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_c Q_{iD}] Q_i}{(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_i Q_{iD}}; \quad (3)$$

при  $Q_i > Q_s$

$$Q_r = \frac{(T_n^{(1)} Q_{\max} - Q_c)(Q_{\max} - Q_s)(Q_s^{(D)} - Q_{\max}) + Q_c Q_{\max} Q_{sD}}{Q_{\max} Q_{sD}}. \quad (4)$$

Математические модели для определения объемов запасов в другие месяцы:

- для второго и последующих  $j$ -х месяцев:

при  $Q_i > Q_s$

$$Q_r = \frac{T^{(j)}(Q_{\max} - Q_s)(Q_s^{(D)} - Q_{\max}) + Q_c Q_{sD}}{Q_{sD}}; \quad (5)$$

при  $Q_i < Q_s$

$$Q_r = \frac{T^{(j)}(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_c Q_{iD}}{Q_{iD}}, \quad (6)$$

- для последнего  $J$ -го месяца:

при  $Q_i < Q_s$

$$Q_r = \frac{[T^{(j)}(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_c Q_{iD}] Q_{\max}}{(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_{\max} Q_{iD}}; \quad (7)$$

при  $Q_i > Q_s$

$$Q_r = \frac{(T^{(j)} Q_s - Q_c)(Q_{\max} - Q_s)(Q_s^{(D)} - Q_{\max}) + Q_c Q_s Q_{sD}}{Q_s Q_{sD}}. \quad (8)$$

Полученные математические модели (3) – (8) дают возможность определить гарантийный уровень оперативных запасов между каждой парой операций, обеспечивающих бесперебойную работу транспортно-технологического потока комплекта лесосечных машин. Для того чтобы оперативные запасы не превышали предельного значения, необходимо знать, когда и какое дополнительное техническое средство требуется подключать к основному комплекту машин (или на сколько дней необходимо увеличить время работы основного оборудования).

Математические модели для определения продолжительности работы дополнительного оборудования с учетом максимальной выработки комплекта машин в различных условиях их эксплуатации имеют следующий вид.

При  $Q_i < Q_s$  для первого месяца

$$t_3^{(1)} = \frac{(T^{(1)} Q_i - Q_r)(Q_{\max} - Q_i)}{Q_i Q_{iD}}; \quad (9)$$

для второго и  $j$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = \frac{T^{(j)}(Q_{\max} - Q_i)}{Q_{iD}}; \quad (10)$$

для последнего  $J$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = \frac{(T^{(j)} Q_{\max} - Q_r)(Q_{\max} - Q_i)}{Q_{\max} Q_{iD}}. \quad (11)$$

При  $Q_i > Q_s$  для первого месяца

$$t_3^{(1)} = \frac{(T^{(1)} Q_{\max} - Q_r)(Q_{\max} - Q_s)}{Q_{\max} Q_{sD}}; \quad (12)$$

для второго и  $j$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = \frac{T^{(j)}(Q_{\max} - Q_s)}{Q_{sD}}; \quad (13)$$

для последнего  $J$ -го месяца

$$t_3^{(J)} = \frac{(T^{(J)}Q_s - Q_r)(Q_{\max} - Q_s)}{Q_s Q_{sD}}. \quad (14)$$

Полученные математические модели (3)–(8) и (9)–(14) позволяют определить режимы работы комплекта машин с учетом их максимальной выработки в конкретных производственных условиях.

Таблица 1

Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Марка оборудования	Продолжительность работы дополнительного оборудования, дн., в зависимости от годового объема производства, тыс. м <sup>3</sup>								
		12	14	16	18	20	22	24	26	28
0,22...0,29	МП-5	10,7	12,5	14,2	16,0	17,8	19,6	21,4	23,2	24,9
	Тайга-214	57,2	66,8	76,3	85,9	95,4	105,0	114,0	124,0	134,0
0,30...0,39	МП-5	6,3	7,4	8,4	9,5	10,5	11,6	12,6	13,7	14,7
	Тайга-214	45,6	53,2	60,8	68,4	76,0	83,6	91,2	98,8	106,0
0,40...0,49	ТТ-4	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5	9,2	10,0
	Тайга-214	36,5	42,6	48,7	54,8	60,9	67,0	73,1	79,2	85,2
0,50...0,75	ТТ-4	14,0	16,4	18,7	21,1	23,4	25,7	28,1	30,4	32,8
	Тайга-214	32,2	37,5	42,9	48,2	53,6	58,9	64,3	69,7	75,0
0,76...1,10	ТТ-4	21,1	24,6	28,1	31,6	35,2	38,7	42,2	45,7	49,2
	Тайга-214	25,7	30,0	34,3	38,6	42,9	47,2	51,5	55,8	60,1
> 1,10	ТТ-4	24,2	28,2	32,2	36,3	40,3	44,3	48,3	52,4	56,4
	Тайга-214	19,1	22,3	25,5	28,6	31,8	35,0	38,2	41,4	44,6

Таблица 2

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

Поддержание оперативных запасов на определенном уровне с учетом подключения дополнительных машин на рассчитанное время (табл. 1) дает возможность увеличить объем выработки комплекта машин на 30...40 % в день (табл. 2) и, как следствие, уменьшить число дней их работы на лесосеке до 30 % в зависимости от объема производства (рис. 2). Кроме того,

снижаются эксплуатационные затраты на 12...20 % и вредное воздействие машин на лесные экосистемы по объему выбросов отработавших газов на 15...20 %.

Анализ рис. 2 указывает на линейную зависимость продолжительности разработки лесосеки от среднего объема хлыста и годового объема производства. Число дней, на которое сокращается продолжительность разработки лесосеки, тем меньше, чем больше объем хлыста, и тем больше, чем больше объем производства.

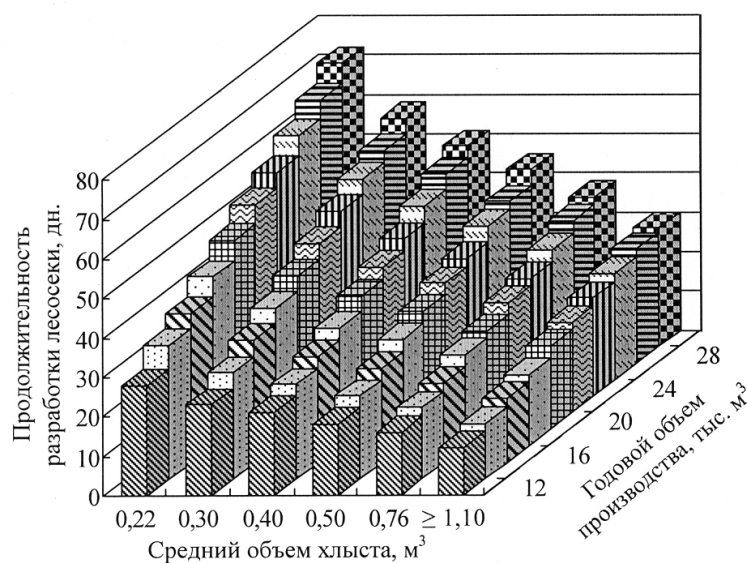


Рис. 2. Изменение числа дней, на которое сокращается продолжительность разработки лесосеки, в зависимости от среднего объема хлыста и годового объема производства

Проведенные нами исследования и экономические расчеты [4] показали, что в качестве дополнительного комплекта машин, даже для одного основного, целесообразно иметь на валке бензиномоторную пилу типа МП-5 «Урал», на трелевке – чокерный трелевочный трактор, на обрезке сучьев – универсальную бензиномоторную пилу. На лесосечных работах, как правило, применяют различные типы машин, и условия их работы разнообразны. Поскольку дополнительное оборудование в одной бригаде подключают на определенное время, его можно применять в нескольких бригадах, при этом экономическая эффективность резко возрастет. Для расчета режимов работы комплектов машин в конкретных природно-производственных условиях необходимо составить аналоговую модель и разработать программу для персональных ЭВМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багаев, Н.Г. Исследование и обоснование оптимальных запасов хлыстов на нижних складах в зависимости от состояния дорог [Текст]: автореф. дис. ... канд.

техн. наук / Н.Г. Багаев. – М., 1975. – 26 с.

2. *Багаев, Н.Г.* Межоперационные запасы сырья в леспромхозах [Текст] / Н.Г. Багаев, М.А. Мизев. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 88 с.

3. *Багаев, Н.Г.* Технологические запасы в лесной промышленности [Текст] / Н.Г. Багаев, Н.Т. Гончаренко. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.

4. *Заикин, А.Н.* Технология лесозаготовок. Ч. 1. Управление межоперационными запасами, расчет режимов работы машин и технико-экономических показателей [Текст]: учеб. пособие. / А.Н. Заикин. – Брянск: БГИТА, 2001. – 80 с.

5. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках [Текст] / В.И. Алябьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 232 с.

6. *Редькин, А.К.* Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок [Текст]: учеб. для вузов / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 504 с.

Поступила 17.01.07

*A.N. Zaikin*

Bryansk State Engineering-Technological Academy

### **Simulation of Logging Machines Operation Modes**

Graphic and analytical models of operation modes calculation for logging machines are provided ensuring maximal efficiency of a complex in a whole and reduction of the duration of the forest stand development taking into account the connection of additional machines for delaying operations.

Keywords: logging machines, analytical models, operation modes, maximal efficiency, wood stock, additional machines.

---