

3. Журавлев С.Ю., Цугленок Н.В. Оценка влияния оптимальных показателей работы МТА на энергозатраты технологического процесса // Вестник КрасГАУ. – 2010. – №10. – С. 146–151.
4. Генетический алгоритм. Стандарт. Ч. 1. / А.Б. Сергиенко, П.В. Галушин, В.В. Бухтояров [и др.] // Описание стандартного генетического алгоритма (сГА). – Красноярск, 2010. – URL: http://www.harrix.org/main/project_standart_ga.php



УДК 630*3:658.2

А.Н. Заикин, В.М. Меркелов,
Е.Г. Рыжикова, И.И. Теремкова

ВАРИАНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

Предложены математические модели для определения режимов работы лесосечных машин. Приведены результаты статистических исследований. Показана необходимость прогнозирования числа дней на основных операциях в каждом планируемом месяце разработки лесосеки.

Ключевые слова: лесосечные работы, моделирование, комплект машин, число дней работы.

A.N. Zaikin, V.M. Merkelov,
E.G. Ryzhykova, I.I. Teremkova

FORECASTING VARIANTS OF THE CALCULATION PERIOD DURATION WHEN MODELING LOGGING MACHINE OPERATION

The mathematical models for determining the logging machine operating mode are suggested. The results of statistical research are given. The necessity of the day number forecasting on the basic operations in each planned month of the cutting area development is shown.

Key words: cutting area works, modeling, machine set, operating day number.

Введение. Полное использование производственных возможностей машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия их конструктивных особенностей и параметров организации работы в конкретных природно-производственных условиях. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов функционирования: численности машин, времени их работы, объемов оперативных запасов древесины, а также технико-экономических и экологических показателей комплектов машин.

Для получения достоверных результатов расчетов необходимы соответствующие математические модели и достоверные исходные данные, которые можно получить на основании проведения различных исследований технологических процессов.

Объект и методы исследований. Объектом исследований являлись сформированные в комплекты лесосечные машины. Статистические исследования за работой машин на отдельных операциях технологического процесса проводились в условиях Кировской и Брянской областей. Обработка статистических данных выполнялась методами математической статистики.

Результаты исследований и их обсуждение. Специфичность лесозаготовительного производства и разнообразие природно-производственных условий вынуждают применять для выполнения лесосечных работ несколько систем машин и оборудования для различных типов технологических процессов, обеспечивающих заготовку деревьев, хлыстов, сортиментов, щепы и пиломатериалов на лесосеке, что порождает различные подходы к организации лесозаготовительного процесса. Эффективная организация работы комплектов машин возможна при правильно заданных режимах. Эти режимы можно получить в результате моделирования технологического процесса с учетом особенностей условий выполнения лесосечных работ.

В основу моделирования лесозаготовительного процесса нами положен подход к его организации, основанный на подключении дополнительного оборудования на «отстающих» операциях. Разработанные математические модели (табл. 1, 2) [1–4] учитывают основные особенности лесосечных работ, дают возможность определять режимы для организации работы машин, позволяющие получить объем выработки комплекта машин, равный или близкий к объему выработки головной машины (имеющей наибольшую производительность).

Таблица 1

Формулы для расчёта времени работы лесозаготовительных машин

Наименование параметра	Сравнение норм выработки машин на смежных операциях							
	$Q_i > Q_S$ или $Q_i = Q_{max}$				$Q_i < Q_S$ или $Q_i = Q_{max}$			
	Время создания запаса	Время пополнения и потребления запаса	Время работы дополнительных машин	Время выработки запаса	Время создания запаса	Время пополнения и потребления запаса	Время работы дополнительных машин	Время выработки запаса
Один месяц	$t_1 = \frac{Z_C}{Q_{max}}$	$t_2 = \frac{Z_\Gamma - Z_C}{Q_{max} - Q_S}$	$t_3 = \frac{Z_\Gamma - Z_C}{Q_S^D - Q_{max}}$	$t_4 = \frac{Z_C}{Q_S}$	$t_1 = \frac{Z_\Gamma}{Q_i}$	$t_2 = \frac{Z_\Gamma - Z_C}{Q_{max} - Q_i}$	$t_3 = \frac{Z_\Gamma - Z_C}{Q_i^D - Q_{max}}$	$t_4 = \frac{Z_\Gamma}{Q_{max}}$
Более одного месяца: первый			$t_3 = \frac{(T_{II} \cdot Q_{max} - Z_\Gamma) \cdot (Q_{max} - Q_S)}{Q_{max} \cdot Q_{DS}}$	-			$t_3 = \frac{(T_{II} \cdot Q_i - Q_{max}) \cdot (Q_{max} - Q_i)}{Q_i \cdot Q_{Di}}$	-
второй – предпоследний			$t_3 = \frac{T_{II} \cdot (Q_{max} - Q_S)}{Q_{DS}}$	-			$t_3 = \frac{T_{II} \cdot (Q_{max} - Q_i)}{Q_{Di}}$	-
последний			$t_3 = \frac{(T_{II} \cdot Q_S - Z_\Gamma) \cdot (Q_{max} - Q_S)}{Q_S \cdot Q_{DS}}$	$t_4 = \frac{Z_C}{Q_S}$			$t_3 = \frac{(T_{II} \cdot Q_{max} - Z_\Gamma) \cdot (Q_{max} - Q_i)}{Q_{max} \cdot Q_{Di}}$	$t_4 = \frac{Z_\Gamma}{Q_{max}}$

Математические модели для расчёта объёмов гарантийных запасов

Таблица 2

Период времени	$Q_i > Q_S$ или $Q_i = Q_{max}$.	$Q_i < Q_S$ или $Q_S = Q_{max}$.
Один месяц	$Z_{\Gamma} = \frac{Z_C \cdot Q_{DS} \cdot Q_S \cdot Q_{max} + (T_{\Pi} \cdot Q_S \cdot Q_{max} - Z_C (Q_{max} + Q_S))(Q_{max} - Q_S)(Q_S^{(D)} - Q_{max})}{Q_{DS} \cdot Q_S \cdot Q_{max}}$	$Z_{\Gamma} = \frac{Q_i Q_{max} (T_{\Pi} (Q_{max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{max}) + Z_C \cdot Q_{Di})}{(Q_{max} - Q_i)(Q_i^{(D)} - Q_{max})(Q_{max} + Q_i) + Q_i \cdot Q_{max} \cdot Q_{Di}}$
Более одного месяца: первый	$Z_{\Gamma} = \frac{(T_{\Pi} \cdot Q_{max} - Z_C) \cdot (Q_{max} - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_{max}) + Z_C \cdot Q_{max} \cdot Q_{DS}}{Q_{max} \cdot Q_{DS}}$	$Z_{\Gamma} = \frac{[T_{\Pi} \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{max}) \cdot (Q_{max} - Q_i) + Z_C \cdot Q_i] \cdot Q_{Di}}{(Q_i^{(D)} - Q_{max}) \cdot (Q_{max} - Q_i) + Q_i \cdot Q_{Di}}$
второй — предпоследний	$Z_{\Gamma} = \frac{T_{\Pi} \cdot (Q_{max} - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_{max}) + Z_C \cdot Q_{DS}}{Q_{DS}}$	$Z_{\Gamma} = \frac{T_{\Pi} \cdot (Q_{max} - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{max}) + Z_C \cdot Q_{Di}}{Q_{Di}}$
последний	$Z_{\Gamma} = \frac{(T_{\Pi} \cdot Q_S - Z_C) \cdot (Q_{max} - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_{max}) + Z_C \cdot Q_S \cdot Q_{DS}}{Q_S \cdot Q_{DS}}$	$Z_{\Gamma} = \frac{Q_{max} \cdot [T_{\Pi} \cdot (Q_{max} - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{max}) + Z_C \cdot Q_{Di}]}{(Q_{max} - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{max}) + Q_{max} \cdot Q_{Di}}$

На основании этих моделей разработана имитационная модель, реализованная в программном обеспечении для ПЭВМ [5].

Одним из исходных данных в полученных моделях является число дней работы лесосечных машин в каждом месяце (ТП).

Лесосеку, как правило, планируется разрабатывать несколько месяцев. Точно и однозначно определить (прогнозировать) число дней работы лесосечных машин в каждом месяце освоения лесосеки практически невозможно. Обычно фактически отработанное число дней меньше планируемого. Уменьшение фактически отработанного числа дней по сравнению с планируемым, происходит за счет изменения за рассматриваемый месяц производственно-технических, природно-климатических и других условий проведения лесосечных работ. Варианты числа дней работы зависят от степени и интервалов отклонения фактически отработанного числа дней от планируемого. Для определения вариантов числа дней работы лесосечных машин, прогнозируемых на каждый месяц освоения планируемой в рубку лесосеки, нами параллельно с исследованиями по определению сменной производительности проводились наблюдения за числом дней работы машин.

В результате наблюдений нами получено 1170 данных о фактически отработанном и планируемом числе дней в месяц. Из них 243 данных о работе валочно-пакетирующих машин, 534 - трелевочных и 393 - сучкорезных.

Обработку результатов наблюдений методами математической статистики проводили для каждой операции лесосечных работ отдельно. В результате обработки экспериментальных данных получены полигоны относительных частот планируемого и фактически отработанного числа дней (например, для трелевочных машин, рис. 1, а) и полигоны относительных частот несоответствия фактического числа дней планируемому (рис. 1, б).

Анализ соответствия планируемого и фактически отработанного числа дней показал, что фактически отработанное число дней отличается от планируемого. На это же указывает и полигон относительных частот несоответствия фактического числа дней планируемому. Как показал анализ результатов, наиболее устойчиво работают сучкорезные машины, так как в 70 % планируемое число дней совпадает с фактически отработанным. Для валочных и трелевочных машин это соответствие несколько ниже и находится в пределах 32–35 %. Причем отклонения, хотя на их долю и приходится две трети степени несоответствия (у валочных и трелевочных машин) и одна треть у сучкорезных машин, в большинстве случаев не превышают 9 дней.

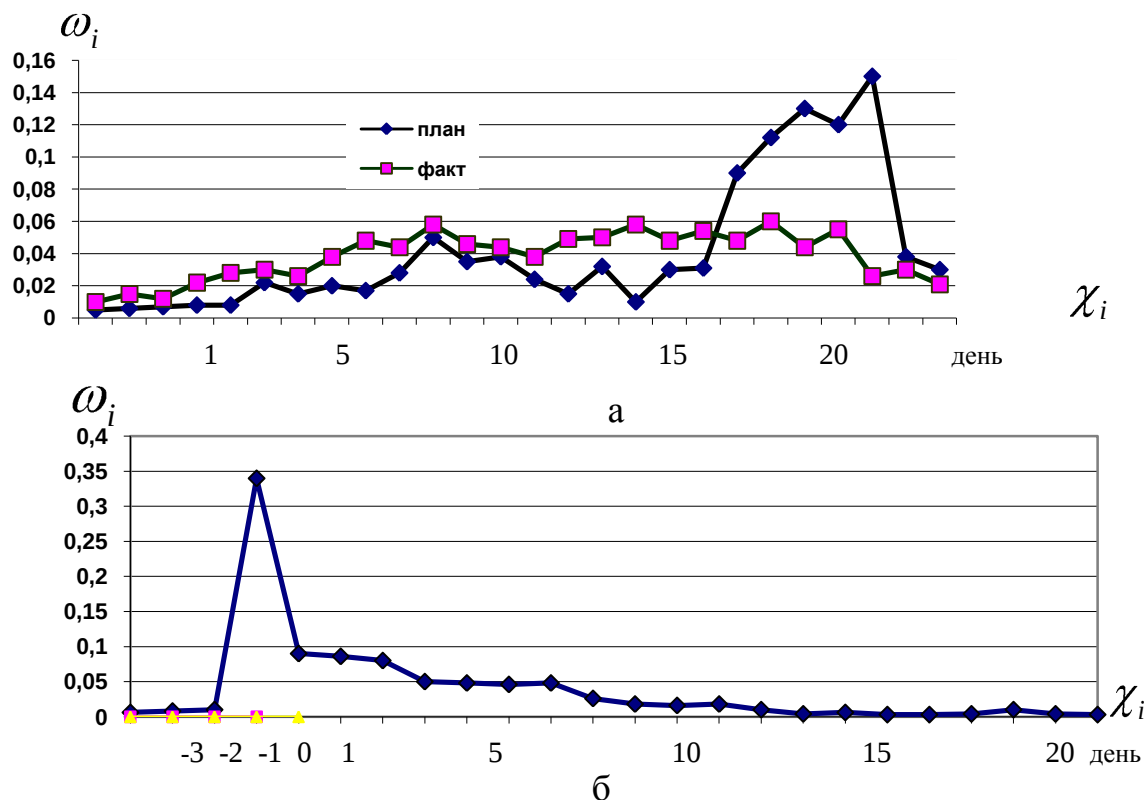


Рис. 1. Полигон относительных частот: а – планируемого и фактически отработанного; б – несоответствия фактического числа дней планируемому при работе трелевочных машин

На участке от 5 до 10 % несоответствие планируемого и фактически отработанного числа дней колеблется в пределах от 1 до 8 дней. А степень отклонения на 9 и более дней сравнительно мала, особенно у сучкорезных и трелевочных машин, и составляет менее 5%.

Наиболее полно степень отклонения характеризует среднеквадратичное отклонение от среднего. Статистическая обработка рядов распределения отклонения числа дней работы валочных, трелевочных и сучкорезных машин позволила получить для каждого конкретного случая среднеквадратическое отклонение. Анализ полученных величин показывает, что наиболее ритмично работают сучкорезные машины ($\sigma_c = 5,49 \text{ м}^3$), несколько хуже валочные ($\sigma_v = 6,2 \text{ м}^3$). Больше отклонение имеют трелевочные машины ($\sigma_t = 9,09 \text{ м}^3$).

Отклонение фактически отработанного от планируемого числа дней объясняется невозможностью предусмотреть случайные перебои в работе технических средств на лесозаготовках (по технологическим, природно-климатическим, организационным и др. причинам). Поэтому при моделировании лесосечных работ необходимо учитывать степень отклонения фактически отработанного числа дней от планируемого.

В тех случаях, когда необходимо планировать не полный месяц работы какой-либо машины, а только часть, необходимо учитывать при планировании ее коэффициент использования. Например, требуется запланировать не 26 рабочих дней, а 13, тогда коэффициент использования данной машины умножаем на 0,5 и т.д. В результате также будет получаться четыре варианта возможных данных, которые будут учитывать вероятность остановки технических средств.

В связи с тем, что среднеквадратическое отклонение не превышает 9 дней, а планируемое число дней колеблется от 26 до 1, нами предлагается принимать при моделировании процессов пополнения и выработки запасов древесины четыре варианта числа дней с градацией через 2 дня, например: 24; 22; 20; 18. В этом случае мы укладываемся в интервалы наиболее вероятных отклонений. В случае возможной остановки машины заранее будем готовы принять определенные меры по урегулированию ритмичности транспортно-технологического процесса лесосечных работ.

Приведенные результаты исследований позволяют сделать следующий вывод – планируемое число дней работы в каждом отдельном месяце целесообразно принимать в пределах 18–24 дней на основании статистических данных с учетом месяца разработки лесосеки и других условий (в производственных целях).

В учебных целях продолжительность планируемого периода (месяца) можно рассчитывать из баланса календарного времени [2–4] по аналогии с [6]

$$T_{II} = \frac{D_{км} - D_{пв} + D_m + D_o}{\frac{1}{K_{см} \cdot t_{см}} + \frac{d_n}{T_o} + d_p + d_{yo} \lambda_{cp}} \quad (1)$$

где $D_{км}$ – календарное число дней в месяце;

$D_{пв}$ – число праздничных и выходных дней;

D_m – число дней простоя машин из-за метеорологических условий;

D_o – число дней простоя машин по организационным причинам;

$K_{см}$ – коэффициент сменности;

$t_{см}$ – средняя продолжительность одной смены, ч;

d_n – продолжительность одной перебазировки, маш.-дн.;

T_o – время работы машины на лесосеке, ч;

d_p – число дней нахождения машин во всех видах технического обслуживания и ремонта, приходящихся на 1 маш.-час работы машины, дн/ч;

d_{yo} – среднее время устранения одного отказа, дн.;

λ_{cp} – среднемесячная интенсивность потока отказов машины 1/ч.

Для проверки адекватности аналитического выражения определим число дней работы машины, подставив в формулу (1) возможные значения переменных ($D_{км} = 30$ дней; $D_{пв} = 5$ дней; $D_m = 3$ дня; $D_o = 2$ дня; $K_{см} = 1$; $t_{см} = 8$; $d_n = 2$ дня; $d_p = 0,002$; $d_{yo} = 0,02$; $\lambda_{cp} = 0,03$; $T_o = 960$ часов – лесосека разрабатывается 6 месяцев).

Получим число дней работы машины в планируемом месяце

$$T_n = \frac{30 - (1 + 3 + 2)}{\frac{1}{1 \cdot 8} + \frac{2}{960} + 0,002 + 0,02 \cdot 0,03} / (1 \cdot 8) = 19,3 \text{ дня.}$$

Для другого числа месяцев разработки лесосеки и числа рабочих дней в месяце, с учетом простоя в ремонте по организационным, метеоусловиям и т.д., результаты представлены на рисунке 2.

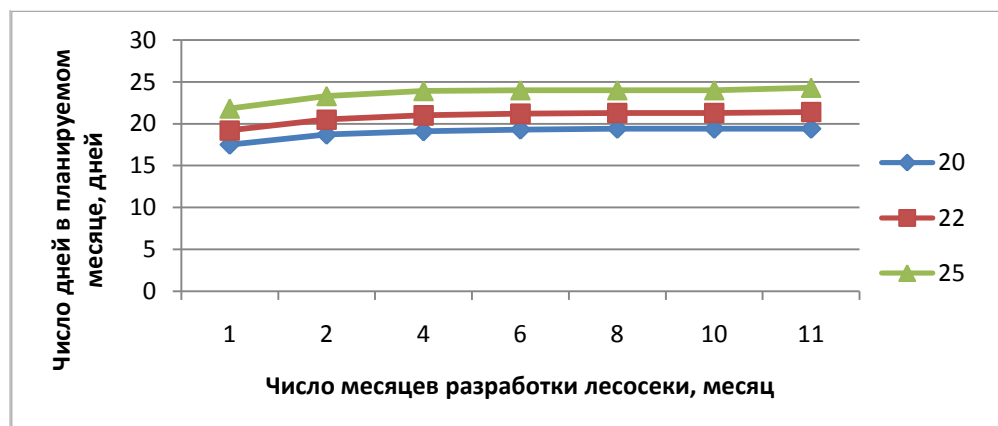


Рис. 2. Изменение числа дней в планируемом месяце в зависимости от продолжительности разработки лесосеки для различного числа рабочих дней в месяце (20–25 дней)

Заключение. Проведенные расчеты показывают, что полученные данные находятся в диапазоне статистических данных, следовательно, приведенная аналитическая зависимость пригодна для прогнозирования числа дней работы машины в планируемом месяце в учебных целях.

В тех случаях, когда задача решается для конкретных производственных условий, целесообразно число дней работы в месяц принимать так же, как и производительность машин, – среднестатистическое за последние три года.

С приобретением опыта подготовка исходных данных, как правило, трудности не составляет.

Если задача решается для одного конкретного варианта, то достаточно подготовить один бланк исходных данных. Если необходимо проанализировать несколько возможных вариантов, то целесообразнее подготовить несколько бланков исходной информации. Это даст возможность, при необходимости корректировки исходных данных, быстро внести требуемые изменения и получить результаты, удовлетворяющие лицо, принимающее решение.

Литература

1. Заикин А.Н. Моделирование режимов работы лесосечных машин // Лесной журнал. – 2009. – № 1. – С 71–77.
2. Заикин А.Н. Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2009. – 212 с.
3. Заикин А.Н., Изюмова Е.Г. Теоретические основы технологии лесозаготовительных производств. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2010. – 170 с.
4. Заикин А.Н. Совершенствование теории, методов и моделей интенсификации лесосечных работ: дис. ... д-ра техн. наук. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2010. – 284 с.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / А.Н. Заикин, Л.И. Евельсон, Е.Г. Изюмова; правообладатель ГОУ ВПО БГИТА. – Заявка №20116116285 от 19 августа 2011 г.; зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ 19 октября 2011 г.
6. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства: учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1989. – 246 с.