ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*32:658
DOI:10.17238/issn0536-1036.2017.2.107

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСОСЕЧНЫМИ РАБОТАМИ

А.Н. Заикин, д-р техн. наук, доц.
Е.Г. Рыжикова, канд. техн. наук, ст. преп.
И.И. Терешкова, преп.
Брянский государственный инженерно-технологический университет, пр-т Станке Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru, e-izumova@mail.ru, irina-teremkova@yandex.ru

Рассмотрены особенности оперативного планирования и управления лесосечными работами. Показано, что практически невозможно подобрать численность машин в комплекте таким образом, чтобы их производительность на всех операциях была одинаковой. В целях снижения внутрисменных простоев ведущих машин предлагается оперативное планирование - расчет режимов работы машин и оборудования на отдельных операциях с учетом маневрирования численностью (подключением дополнительных машин) или сменностью работы основных машин. Управление лесосечными работами - контроль за соответствием режимов работы машин и оборудования на отдельных операциях - предлагается проводить по объемам оперативных, многоуровневых, технически и технологически перемещаемых межоперационных запасов, расчитанных для конкретных условий разработки лесосеки. Как правило, для лесосечных работ применяют различные типы машин, условия их работы разнообразны. Предлагаемая методика реализована в виде программного обеспечения на персональных ЭВМ. Программа написана по разработанной укрупненной блок-схеме. Автоматизированное решение задачи должно происходить согласно разработанной организационной схеме. Основные элементы схемы - сбор исходной информации для решения поставленной задачи, заполнение карты заказа, получение и анализ результатов решения, организация работы комплекта машин на основе полученных результатов. В статье также проанализированы результаты расчетов и организации работы комплекта машин. В приведенном примере за счет организации работы по рассчитанным режимам объем выработки комплекта машин увеличивается на 49 % при условии, что на отстающих операциях (валке и обрезке сучьев) будет подключено дополнительное оборудование. Увеличение объема выработки машин позволяет сократить число дней работы машин на лесосеке до 30 % (в зависимости от объема производства); снизить удельные показатели эффективности (эксплуатационные затраты, металлоемкость, энергоемкость и др.); уменьшить вредное воздействие машин на лесные экосистемы

Для цитирования: Заикин А.Н, Рыжикова Е.Г., Теремкова И.И. Метод оперативного планирования и управления лесосечными работами // Лесн. журн. 2017. № 2. С. 107-118. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.107

за счет сокращения объемов отравляющих веществ, выбрасываемых с отработавшими газами; сохранить почвы от разрушения.

Ключевые слова: межоперационные запасы, дополнительные машины, отстающие операции, оперативное планирование, оперативное управление.

Введение

Лесосечные работы представляют собой сложный многооперационный дискретный технологический процесс. Машины и механизмы, выполняющие в нем отдельные операции, объединяются в комплекты машин. Однако, как показывает существующая практика, не удается подобрать комплект лесозаготовительных машин и механизмов с одинаковыми или незначительно отличающимися производительностями. Если на первой операции комплекта работает одна машина, то на второй - две, три, на третьей - одна, две и т. д. Причем особенности лесосечных работ заключаются в том, что между каждой из выполняемых операций создается запас древесины, поэтому все операции в технологическом процессе, за исключением погрузки и вывозки, связаны им между собой. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин в таких системах достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов их функционирования. Поэтому в целях выполнения в установленные сроки плана производства, заготовки и реализации лесоматериалов заданных объемов, номенклатуры и качества при рациональном использовании материальных и трудовых ресурсов, всего производственного потенциала необходимо оперативное планирование (расчет режимов работы комплектов машин) и на его основе оперативное управление.

Объекты и методы исследования

В управлении современным предприятием, в том числе и лесозаготовительным, выделение подсистемы оперативного управления производственным процессом (ОУПП) осуществляется на основе единства задач оперативного обеспечения ритмичного выполнения всего цикла операций при рациональном использовании технических ресурсов.

Система ОУПП, как и всякая система, характеризуется целью, критериями достижения цели, функциями, обеспечивающими целенаправленную деятельность, структурой, т. е. составом элементов и их взаимодействием в процессе управления производством. Конечной целью ОУПП для лесосечных работ, в полном соответствии с системой целей лесозаготовительного производства, является обеспечение выполнения в установленные сроки плана производства, заготовки и реализации лесоматериалов заданных объемов, номенклатуры и качества при

рациональном использовании материальных и трудовых ресурсов, всего производственного потенциала.

Оперативное управление современным лесозаготовительным процессом осуществляется посредством совокупности взаимосвязанных функций - планирования, организации, учета, контроля, анализа, активизации и регулирования при достаточно развитом составе материальных, трудовых, логических, информационных и других компонентов системы. Необходимость упорядочения системы управления в целях повышения его оперативности, использования оптимизационных методов принятия решений, автоматизации расчетов обуславливает реализацию специфической функции ОУПП - совершенствование. Центральным звеном всей системы ОУПП является оперативное планирование (ОП).

Эффективное использование производственных возможностей лесозаготовительных машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия конструктивных особенностей и параметров организации их работы в конкретных природно-производственных условиях. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе оперативного планирования с определением оптимальных режимов их функционирования: численности машин, времени их работы, объемов оперативных запасов древесины и т. д.

Одним из основных показателей эффективности любого технического средства (машины, станка, установки и др.) и поточной линии в целом является их производительность. Анализ выполнения отдельных операций лесосечных работ показал, что подобрать численность машин в комплекте так, чтобы их производительность на всех операциях была бы одинаковой, практически невозможно. Несбалансированность объемов выработки, как известно, приводит к простоям наиболее производительных головных машин и снижению общего объема их выработки до минимального объема выработки на одной из основных операций:

$$Q = \min\{Q\} = Q_{\min}.$$

Требуется так организовать процесс, чтобы общий объем выработки всего комплекта машин был бы равен или близок к максимальному объему выработки машин на основной операции, выполняемой головной машиной:

$$Q = \max\{Q\} = Q_{\max}.$$

Данное условие может быть реализовано с учетом поддержания на требуемом уровне необходимых в конкретных производственных условиях объемов оперативных запасов путем маневрирования численностью или сменностью работы машин «на отстающих операциях». Таким образом, на операциях с объемом выработки меньшим, чем Q_{mm}, следует на определенное, рассчитанное для конкретных условий время подключать дополнительную машину или же на это время увеличивать сменность работы на данной операции одной или нескольких основных машин. Для такой организации производственного процесса сначала требуется определить, на каких операциях необходимо ма-

неврирование численностью или сменностью работы машин с соблюдением следующего условия:

$$Q_i - Q_s \begin{cases} < 0 - \text{требуется маневрирование на i-й операции;} \\ = 0 - \text{маневрирование не требуется;} \\ > 0 - \text{требуется маневрирование на 5-й операции,} \end{cases}$$

где Qi - объем пополнения запаса машинами i-й операции,

$$Q_i = U_i n_i k_i;$$

Q_s - объем выработки запаса машинами 5-й операции,

$$Q_s = U_s n_s k_s;$$

П, и П, - производительность машин на i-й и *s-й* операциях;

п, и n_s - число машин на ґ-й и *s-й* операциях;

/с* и /с, - число смен работы машин на ґ-й и *s-й* операциях;

ґ-любое целое число (1, 2, 3, ..., ґ);

$s = i + 1$.

Для тех операций, на которых требуется маневрирование численностью (сменностью работы) машин, определяется продолжительность их работы в планируемый период времени. Контроль за соответствием режимов работы машин и оборудования на отдельных операциях предлагается вести по объемам межоперационных запасов, рассчитанным для этих же условий.

В трудах Н.К. Климушева [7] уточнена роль и значение запасов, разработана имитационная модель лесозаготовительного предприятия, позволяющая решать задачи управления запасами лесоматериалов разной степени товарной готовности по всему производственному процессу на верхнем и нижнем складах с учетом снижения качества лесоматериалов. Разработана гибридная (нечеткая) модель прогнозирования спроса на лесоматериалы класса ANFIS, построенная в среде Matlab. Разработана нейронечеткая модель управления запасами лесоматериалов и вывозкой из нескольких лесопогрузочных пунктов, отличающаяся тем, что позволяет использовать оперативные данные экспертов (водителей лесовозов, мастеров леса и др.).

В работе [9] запасы рассматриваются как перемещаемые, накапливаемые и потребляемые в координатах не только времени, но и пространства.

Как показали проведенные нами исследования [5], межоперационные оперативные запасы между смежными операциями лесосечных работ технически и технологически перемещаемые, многоуровневые, по причине создания их можно разделить на технологические, технические и организационные. Причем, запасы первого уровня - это технологические, обеспечивающие безопасную зону работы, и технические, обеспечивающие работу смежного оборудования, когда одно оборудование простаивает по причине выхода из строя другого, - составляют вместе уровень страховых запасов. Второй уровень - это организационные запасы, которые вместе со страховыми составляют га-

рантийный уровень запасов, обеспечивающий бесперебойную и эффективную работу лесосечных машин в расчетный промежуток времени.

Для интенсификации лесосечных работ необходимо обеспечить полную загрузку машин и механизмов как на отдельных операциях машин, так и комплекта в целом. Полное использование производственных возможностей лесозаготовительных машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия 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 их функционирования: численности машин, времени их работы, объемов оперативных запасов древесины и т. д. Для выполнения таких расчетов необходимо моделирование различных технологических процессов лесозаготовок и, в частности, лесосечных работ.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ условий эксплуатации лесосечных машин показал, что в основном возможны два варианта несоответствия объемов выработки на смежных операциях: первый - когда объем выработки машин на предыдущей ŕ-й операции больше, чем на последующей 5-й (<2, > Q_x), второй - когда объем выработки машин на предыдущей ŕ-й операции меньше, чем на последующей s-й *(Qi< Qs)*- Для этих двух случаев нами разработаны математические модели [1, 3, 4]. При разработке моделей нами были учтены основные особенности выполнения лесосечных работ. К таким особенностям относятся: неодновременное начало работы машин на отдельных операциях; необходимость создания и поддержания на определенном, рассчитанном для конкретных условий уровне межоперационных оперативных запасов объектов труда - ОТ (деревьев, хлыстов, сортиментов) и обеспечения максимальной выработки комплекта машин при минимальных удельных затратах; последовательность перебазировки машин с лесосеки на лесосеку и др.

Полученные математические модели отличаются от имеющихся [7, 8] тем, что позволяют определять не только объемы запасов, но и режимы работы комплекта машин, имеющего две и более операции, с учетом его максимальной выработки (<2та$_x$) и маневрирования (в сторону увеличения) численностью или сменностью работы машин на отстающих операциях (операциях с объемом выработки меньше, чем у ведущей машины).

Проведенные нами исследования и экономические расчеты [2] показали, что в качестве дополнительного комплекта целесообразно иметь на валке и обрезке сучьев бензиномоторную машину, на трелевке - чокерный трелевочный трактор. На лесосечных работах, как правило, применяют различные типы машин, условия их работы разнообразны. Предлагаемая методика реализована в виде программного обеспечения на персональных ЭВМ. Программа написана по разработанной блок-схеме (рис. 1) [6].

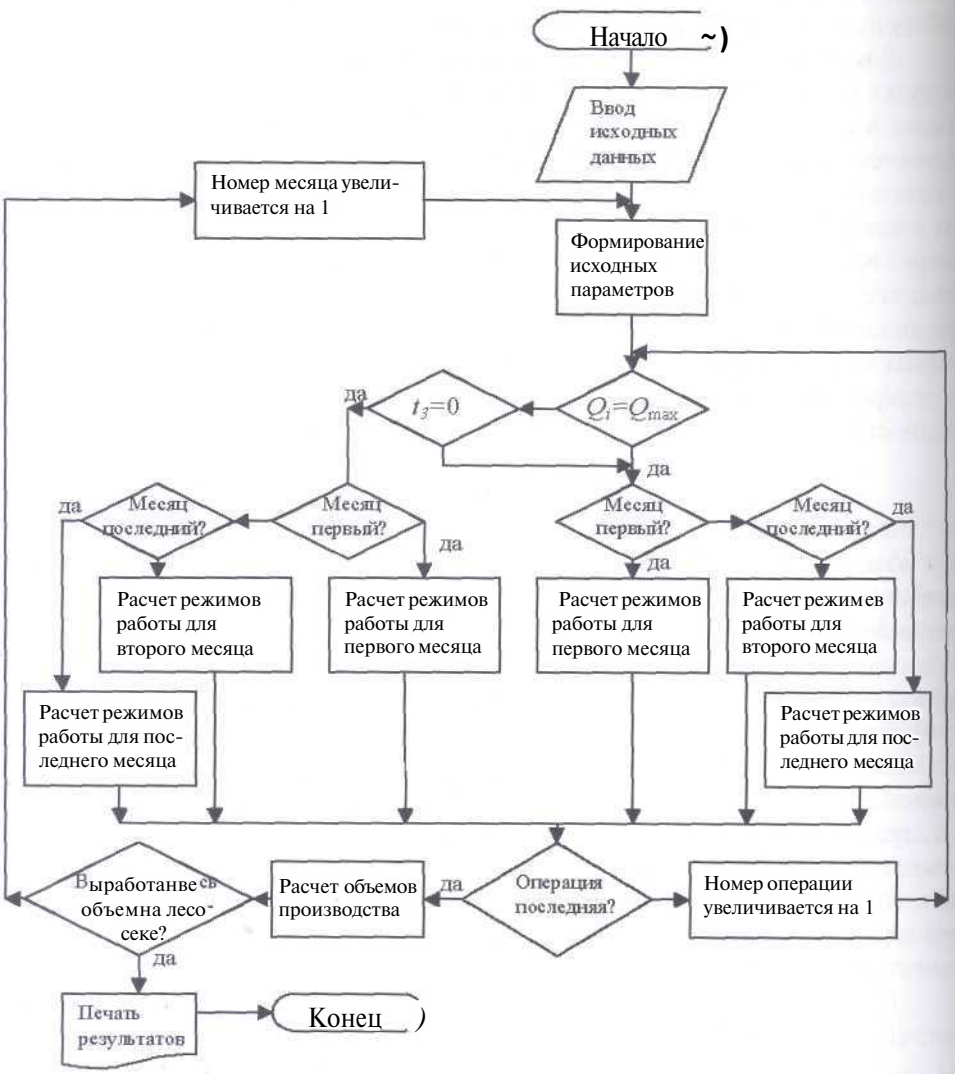

Рис. 1. Укрупненная блок-схема расчета режимов работы лесосечных машин на весь срок разработки лесосеки с заданным объемом производства

Для получения оперативного плана работы лесосечных машин и оборудования в конкретном технологическом потоке готовят и вводят в ЭВМ исходную информацию. Она содержит следующие основные данные: марки технических средств и их число; среднюю сменную производительность; коэффициент сменности и др. После ввода исходных данных и окончания процесса моделирования выдается распечатка в виде режимов работы технических средств, которая содержит: размеры оперативных запасов; время работы технических средств на создание и выработку запасов; необходимое число

дополнительных дней работы технических средств на отстающих операциях; объем производства без изменения численности (сменности); дополнительный объем, выполненный после изменения численности (сменности); общий объем и др.

Автоматизированное решение задачи происходит по организационной схеме, приведенной на рис. 2.

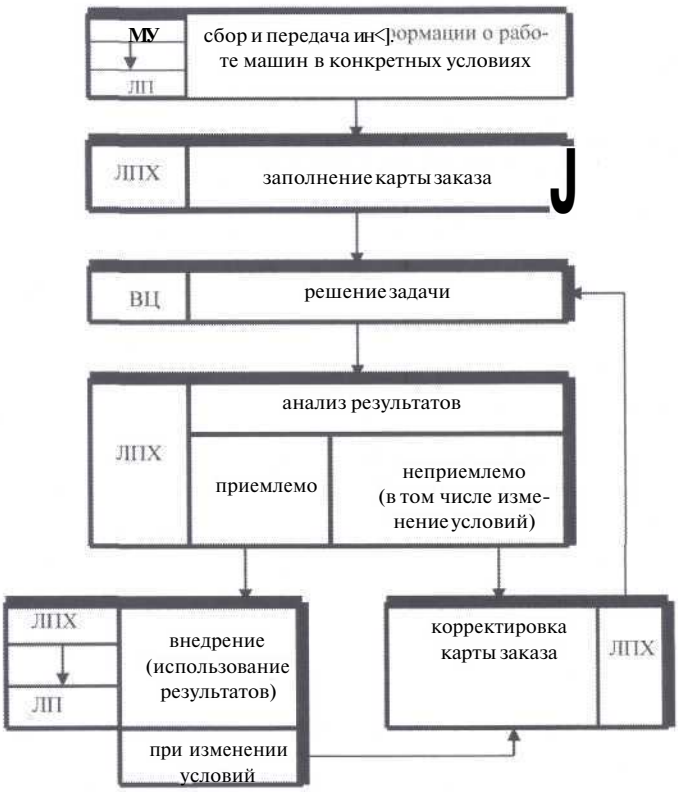

Рис. 2. Организационная схема решения задачи

В леспромхозах по мере отвода лесосек в рубку соответствующие работники (инженеры производственных отделов, технoруки) заполняют карту (бланк) заказа, записывая туда требуемую входную информацию, которую вводят также в ЭВМ. После решения задачи анализируют результаты расчетов, и, если они не вызывают сомнений, распечатку отправляют мастеру леса. Мастер леса внимательно изучает рекомендуемые режимы работы машин, и если они соответствуют условиям разработки конкретной лесосеки, то используют их. Если по каким-либо причинам (например, из-за изменения условий) результаты неприемлемы, он корректирует карту заказа (заполняет новую) и отправляет ее для повторного решения.

Пользоваться результатами расчетов необходимо следующим образом. Перед началом разработки лесосеки отбирают результаты расчетов по ней. Имея результаты расчетов для данных условий, руководитель работ (мастер) устанавливает время предварительной работы и объемы создаваемых запасов (если это начало разработки лесосеки). После начала работы конкретной машины мастер контролирует число дней ее работы по объему запасов и дает команду на подключение в работу технических средств на следующей операции. Зная по результатам расчетов продолжительность работы дополнительных технических средств, он поочередно подключает их к каждому комплекту машин. Продолжительность работы и тип подключаемого оборудования устанавливаются для каждого конкретного месяца разработки лесосеки.

В последний месяц разработки лесосеки мастер определяет время, необходимое техническим средствам на каждой из операций для своевременного проведения работ, и время до их перебазирования на новую лесосеку. Порядок управления на новой лесосеке аналогичен вышеописанному, но соответствует результатам расчетов для конкретной лесосеки.

Документом, поясняющим порядок и правило заполнения входной документации и использования результатов расчетов, служит разработанная нами «Инструкция по применению показателей рационального управления оперативными запасами древесины в транспортно-технологическом потоке лесосечных работ, полученных при решении задачи на ЭВМ».

Анализ результатов расчетов запасов для отдельных объемов хлыста показывает, что с увеличением среднего объема хлыста объемы запасов между операциями возрастают (рис. 3).

Рис. 3. Изменение объемов запасов между операциями

Это объясняется тем, что с увеличением объема хлыста растут производительность машин на операциях и разница объемов выработки. С другой стороны, с уменьшением разницы между объемами пополнения и

выработки снижаются объемы запасов и разница между ними для отдельных объемов хлыста. Так, при разнице объемов пополнения и выработки запасов от 51 до 95 м^3 разница объемов между запасами 1017,0 - 256,6 = 706,4 м^3, при разнице от 27 до 43 м^3 - 697,7 - 192,4 = 505,3 м^3, при разнице от 14 до 20 м^3 - 593,8-300,8 = 293,0 м^3.

Чтобы оперативные запасы не превышали предельной величины, необходимо знать когда, насколько и какое дополнительное техническое средство требуется подключать к основному комплекту машин (или насколько необходимо увеличить число смен работы основного оборудования) на отстающих операциях.

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением объема выработки машин (среднего объема хлыста) на отдельных операциях продолжительность работы дополнительных машин уменьшается. Например, при работе сучкорезной машины в одну смену разница объемов пополнения и выработки запасов составляет от 51 до 95 м^3. В этом случае необходимо подключать две бензопилы «Тайга-214» на время от 17,5 до **11,3** дн. При работе сучкорезной машины в 1,2 смены разница объемов пополнения и выработки запасов составляет от 27 до 43 м^3, продолжительность работы одной дополнительно подключаемой бензопилы «Тайга-214» - от 16,6 до 10,2 дн. При работе сучкорезной машины в 1,3 смены разница объемов пополнения и выработки запасов составляет от 14 до 20 м^3, продолжительность работы одной дополнительно подключаемой бензопилы «Тайга-214» - от 9,0 до 4,0 дн.

Заключение

За счет организации работы по рассчитанным режимам объем выработки комплекта машин, например в составе одной валочно-пакетирующей (225 м^3), двух-трех трелевочных (243 м^3) и одной сучкорезной (163 м^3), будет равен 243 м^3, т. е. возрастет на 49 % при условии, что на отстающих операциях (валке и обрезке сучьев) будет подключено дополнительное оборудование.

Увеличение объема выработки машин позволяет достичь следующих результатов: сократить число дней работы машин на лесосеке до 30 % (в зависимости от объема производства); снизить удельные показатели эффективности (эксплуатационные затраты, металлоемкость, энергоемкость и др.); уменьшить вредное воздействие машин на лесные экосистемы за счет снижения объемов отравляющих веществ, выбрасываемых с отработавшими газами, и сохранения почв от разрушения, площадь которых может составлять от L.10 до 40. **..100** га.

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заикин А.Н.* Моделирование режимов работы лесосечных машин // Лесн. журн. 2009. № 1.С. *11-11.* (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Заикин А.Н. Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ: моногр. Брянск: БГИТА, 2009. 204 с.

3. *Заикин А.Н.* Математические модели расчета режимов работы лесосечных машин // В мире научных открытий: материалы II Всерос. науч. конф. «Научное творчество XXI в.» с междунар. участием. Красноярск: Науч.-инновац. центр. 2010. Ч. 13, №4(10). С. 126-129.

4. *Заикин А.Н.* Математическое моделирование режимов работы лесосечных машин и анализ изменения объемов оперативных запасов // Вестн. МГУЛ-Лесн. вестн. 2010. № 1. С. 69-75.

5. *Заикин А.Н.* Типы и назначение запасов древесины в производственном процессе лесозаготовок // Лесн. журн. 2013. № 3. С. 71-78. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. *Заикин А.Н., Памфилов Е.А., Изюмова Е.Г.* Автоматизация расчета режимов работы комплектов машин // Вестн. Брянск. ГТУ, 2009. № 1. С. 69-75.

7. *Климушев Н.К.* Управление запасами лесоматериалов в лесозаготовительном производстве: дис. … д-ра техн. наук. М., 2008. 244 с.

8. *Редькин А.К., Якимович СБ.* Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок: учеб. для вузов. М.: МГУЛ, 2005. 504 с.

9. *Якимович СБ., Тетерина М.А.* Классификация обрабатывающих транспортных систем заготовки и первичной обработки древесины // Вестн. МГУЛ- Лесн. вестн. 2009. № 2. С. 67-72.

Поступила 28.11.16

UDC 630*32:658
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.107

Method of Operational Planning and Control of Logging Operations

A.N. Zaikin, *Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor*
E.G. ***Ryzhikova,*** *Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer*
I.I. Teremkova, *Lecturer*
Bryansk State Engineering Technological University, pr. Stanke Dimitrova, 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; e-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru, e-izumova@mail.ru, irina-teremkova@yandex.ru

The paper considers the features of operational planning and management of logging activities. It is almost impossible to choose the number of machines in a plant to make their performance in all operations similar. In order to reduce the ineffective time in the operating

For citation: Zaikin A.N., Ryzhikova E.G., Teremkova I.I. Method of Operational Planning and Control of Logging Operations. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 2, pp. 107-118. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.107

shifts of the lead machines we offer the operational planning - a calculation of modes of machinery and equipment in individual operations, taking into account the maneuvering of the number of machines (by additional machines) or shift-working arrangements of the main machines. The operational management of logging activities - a monitoring for the compliance of regimes of machines and equipment in individual operations - we propose to carry out in terms of operational, multi-level, technically and technologically transported interoperable reserves, calculated for the specific conditions of the cutting area development. As a rule, various types of machines are used in the logging activities; their working conditions are varied. The proposed method is implemented as a software on a personal computer. The program is created by the developed enlarged flowgraph. The automated solution of the problem should be developed in accordance with the organizational scheme. The basic elements of the scheme are the collection of the baseline information to solve the problem, filling in an order sheet, achievement and analysis of the decision results, the work organization of the plant on the basis of the received results. The article also analyzes the results of calculations and the process organization of a plant. In a given instance due to the process organization according to the calculated modes the volume of production of a plant will increase by 49 %, if the additional equipment is enable in the lagging operations (felling and knotting). The increase in out-turn of machines reduces the number of working days of machines in the felling area up to 30 % (depending on the volume of production); reduce the economical efficiency (operating costs, metal consumption, energy consumption, etc.); reduce the harmful effect of cars on the forest ecosystems by compromising the amount of toxic substances emitted with the exhaust gases; keep soils from being destroyed.

Keywords: in-process reserve, additional machine, lagging operation, operational planning, operational control.

REFERENCES

1. Zaikin A.N. Modelirovanie rezhimov raboty lesosechnykh mashin [Simulation of Logging Machines Operation Modes]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2009, no. 1, pp. 71-77.

2. Zaikin A.N. *Teoriya, metody i modeli intensifikatsii lesosechnykh robot: monogr.* [Theory, Methods and Models of Intensification of Logging Activities]. Bryansk, 2009. 204 p.

3. Zaikin A.N. Matematicheskie modeli rascheta rezhimov raboty lesosechnykh mashin [Mathematical Models of Calculation of Modes of Harvesting Machinery]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the World of Scientific Discoveries], 2010, part 13, no. 4(10), pp. 126-129.

4. Zaikin A.N. Matematicheskoe modelirovanie rezhimov raboty lesosechnykh mashin i analiz izmeneniya ob"emov operativnykh zapasov [Designing of Operation Modes of Logging Machines]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoy vestnik* [Moscow State Forest University Bulletin - Lesnoy Vestnik], 2010, no. 1, pp. 69-75.

5. Zaikin A.N. Tipy i naznachenie zapasov drevesiny v proizvodstvennom protsesse lesozagotovok [The Types and Purpose of Timber Stocks in the Process of Timber Production]. *Lesnoy zhurnal,* 2013, no. 3, pp. 71-78.

6. Zaikin A.N., Pamfilov E.A., Izyumova E.G. Avtomatizatsiya rascheta rezhimov raboty komplektov mashin [Automation of Calculation of Operating Regimes of Plants]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Bryansk state technical university], 2009, no. 1, pp. 69-75.

7. Klimushev N.K. *Upravlenie zapasami lesomaterialov lesozagotovitel'nom proizvodstve: dis. ... d-ra tekh. nauk* [Timber Inventory Management in the Timber Production: Pr. Eng. Csi. Diss.]. Moscow, 2008. 244 p.

8. Red'kin A.K., Yakimovich S.B. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya ob"ektov tekhnologii lesozagotovok: ucheb. dlya vuzov* [Mathematical Modeling and Optimization of Objects of Harvesting Technologies]. Moscow, 2005. 504 p.

9. Yakimovich S.B., Teterina M.A. Klassifikatsiya obrabatyvayushchikh transportnykh sistem zagotovki i pervichnoy obrabotki drevesiny [Classification of Wood Harvesting and Primary Processing Processing-Transporting Systems]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoy vestnik* [Moscow State Forest University Bulletin - Lesnoy Vestnik], 2009, no. 2, pp. 67-72.

Received on November 28, 2016