
МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

**Анатолий Николаевич Заикин¹
Ирина Ивановна Теремкова¹
Дмитрий Николаевич Афоничев²**

¹Брянский государственный инженерно-технологический университет

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Лесосечные работы выполняются по разным технологическим схемам различными типами машин и механизмов. Машины и механизмы, выполняющие отдельные операции, объединяются в комплекты. Эффективное использование комплектов машин в значительной степени зависит от соответствия конструктивных особенностей и показателей организации их работы в конкретных природно-производственных условиях. Соответствие показателей организации работы и 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. Исследования, проведенные на лесозаготовительных предприятиях, дали возможность определить комплекс задач, так как его разработка и внедрение представляют собой первый этап создания системы автоматизированного оперативного планирования лесосечных работ (АОП ЛР). В этот комплекс вошли наиболее характерные и часто встречающиеся задачи, решаемые работниками лесозаготовительных предприятий традиционными методами (вручную) и поэтому недостаточно точно и не всегда своевременно. К этим задачам относятся следующие: определение (прогнозирование) эксплуатационных показателей лесосечных работ; определение расчетных производственно-экономических показателей эффективности лесосечных работ и потребности материальных ресурсов; определение оптимальных параметров организации лесосечных работ; определение (анализ) влияния на эффективность лесосечных работ изменения параметров их организации; составление оперативных планов или технологических карт разработки отдельных лесосек и календарных планов лесосечных работ в целом по лесозаготовительному предприятию, на основании которых организуются работы на лесосеке. На основании решения этих задач работники лесозаготовительных предприятий получают параметры состава и организации работы комплектов машин, которые позволяют повысить эффективность использования машин и оборудования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесосека, лесосечные работы, комплекты машин, комплекс задач, оперативное планирование.

THE TECHNIQUE OF AUTOMATED OPERATIONAL PLANNING OF LOGGING OPERATIONS

**Anatoliy N. Zaikin¹
Irina I. Teremkova¹
Dmitriy N. Afonichev²**

¹Bryansk State Technological University of Engineering

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Logging operations are performed according to different technological schemes by different types of machines and mechanisms. The machines and mechanisms that perform certain individual operations are combined into sets. The effective use of machine sets depends to a large extent on the compliance, design features and parameters of organization of their work in specific natural and production conditions. The correspondence between the parameters of organization of work or the parameters of interconnection of machines is achieved in the process of operational planning with the determination of the optimal modes of their functioning: the number of machines, their operation time, the volumes of operational timber reserves, etc. The studies conducted at logging enterprises allowed defining a set of tasks, since its development and implementation represented the first stage of creation of an automated system for operational planning of logging operations (AOP LO). This complex includes the most typical and common tasks solved by logging workers using the conventional methods (manually), which might not be sufficient to provide a proper accuracy and timeliness. These tasks include the following: defining (forecasting) the operational indicators of logging operations; determining the estimated production and economic indicators of efficiency of logging operations and the need for material resources;

defining the optimal parameters for the organization of logging operations; determining (analyzing) the impact of changes in the organizational parameters on the efficiency of logging operations; drawing up the operational plans or technological charts for particular cutting areas and calendar plans for logging operations in general for the logging company, on the basis of which the work is organized in the cutting area. Based on the solutions to these tasks the logging workers will obtain the parameters of composition and organization of work of machine sets, which will increase the efficiency of use of machinery and equipment.

KEY WORDS: cutting area, logging operations, machine sets, complex of tasks, operational planning.

Введение
Технологический процесс лесозаготовительного производства осуществляется вне помещений в условиях непосредственного воздействия на рабочих и технику различных природных факторов. Помимо этих факторов на неравномерность лесозаготовительного производства большое влияние оказывает рассредоточенность выполнения технологических операций на большой территории, частая перебазировка машин с одной лесосеки на другую. Лесосечные работы характерны тем, что между всеми операциями при их выполнении создаются оперативные, технически и технологически перемещаемые оперативные запасы. Необходимость создания этих запасов вызвана неодинаковым объемом выработки машин на смежных операциях и требованием соблюдения зоны безопасной работы в радиусе 50 м от технического средства. Кроме этого, лесосечные работы выполняются по различным технологическим схемам различными типами и комплектами машин.

Эффективное использование производственных возможностей лесозаготовительных машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия конструктивных особенностей и показателей организации их работы в конкретных природно-производственных условиях, которое достигается в процессе оперативного планирования при использовании автоматизированных систем.

В статье представлен основной круг задач по оперативному планированию лесосечных работ, решенных в настоящее время на различном уровне сотрудниками кафедр и лабораторий разных высших учебных заведений.

Основная часть

Комплект машин – это одна ведущая машина, имеющая наибольшую производительность, и одна или несколько машин, работающих на смежных операциях (например, одна валочно-пакетирующая, две-три трелевочных и одна-две сучкорезных (сучкорезно-раскряжевочных) или две-три валочно-трелевочных и одна сучкорезная, (сучкорезно-раскряжевочная), или один харвестер и два форвардера).

Комплекты машин в системах характеризуются числом машин каждого типа, структурой и характером их взаимодействия при выполнении смежных операций. Комплекты машин, обеспечивающие выполнение всех операций конкретных технологических процессов, представляют собой поточные линии.

В зависимости от количества типов машин, входящих в комплект, и расположения запасов древесины между операциями эти комплекты машин (КМ) можно описать графическими моделями смешанного агрегатирования (рис. 1).

Как видно на рисунке 1:

- схемы комплектов лесосечных машин могут отвечать линиям смешанного агрегатирования с гибкими связями;
- характер схем комплектов машин и вид их связи обуславливает наличие запасов древесины между операциями потока, их назначение и размещение.

В вариантах схем рис. 1, в и г операция обрезки сучьев может быть совмещена с такой операцией, как раскряжевка; вариант схемы рис. 1, д будет справедлив и для выполнения операции валка – харвестером, а операции трелевки – форвардерами.

Принципиальные схемы возможных вариантов основных комплектов машин позволяют судить о размещении запасов древесины, схеме их пополнения и потребления конкретно для каждой разновидности комплектов.

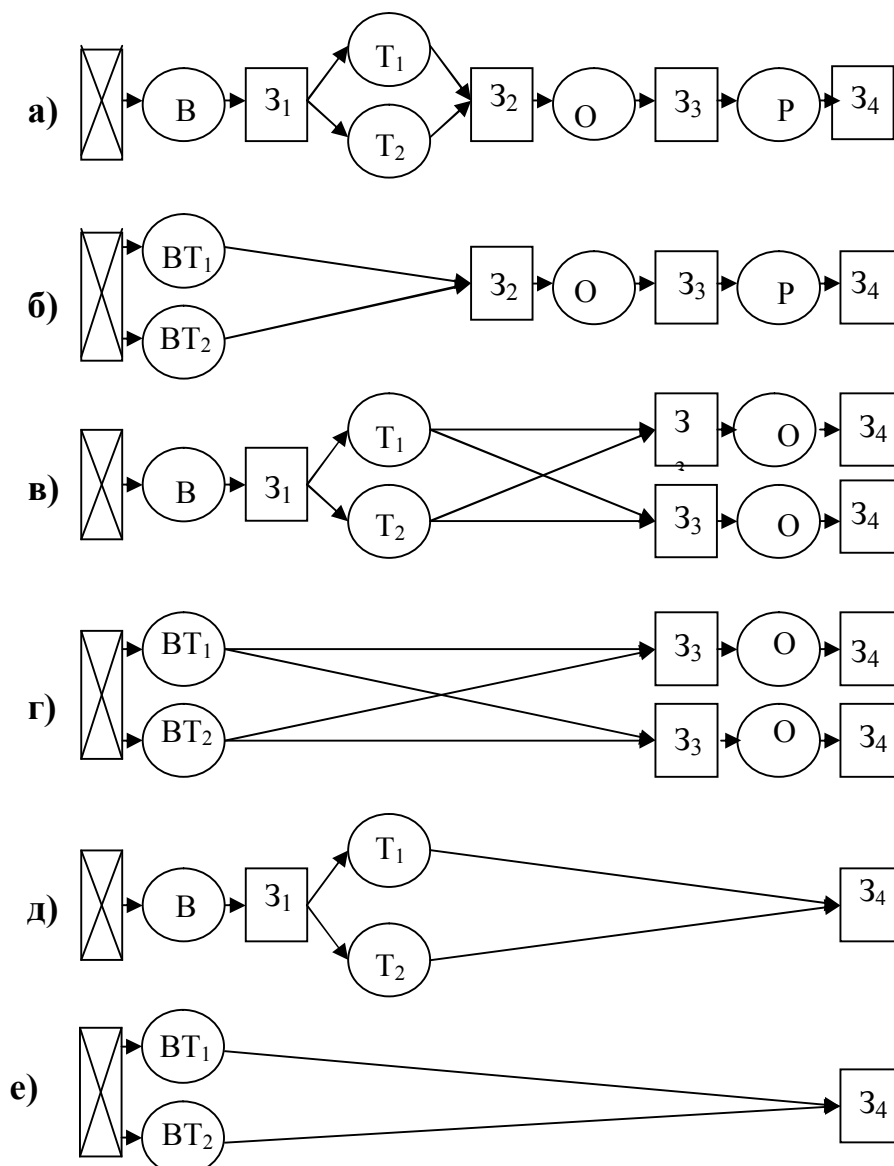


Рис. 1. Варианты графических моделей агрегатирования основных комплектов машин на лесосечных работах: а – при выполнении каждой операции отдельным типом машин; б-е – при совмещении двух и более операций: в – валка; вт – валка – трелевка; т – трелевка; о – обрезка сучьев; р – раскряжевка; з₁ – межоперационный запас

С целью обеспечения 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.

Задачи оперативного планирования должны решаться на этапе подготовки производства для каждой лесосеки, отведенной в рубку, и для лесосечных работ в целом по лесозаготовительному предприятию. Особое значение придается распределению функций планирования между руководством и административно-техническим персоналом, изучению ими смысла задач, методов сбора и представления информации, порядка использования результатов их решения.

В результате исследований, проведенных в Московском государственном университете леса (МГУЛ), Брянском государственном инженерно-технологическом университете (БГИТУ), Воронежском государственном лесотехническом университете (ВГЛТУ), Воро-

нежском государственном аграрном университете (ВГАУ) и др., на предприятиях лесного комплекса определен круг задач, разработка и внедрение которого составляет первый этап создания системы автоматизированного оперативного планирования лесосечных работ (АОП ЛР). В него вошли наиболее характерные и часто встречающиеся задачи, решаемые работниками мастерских участков, лесопунктов, производственно-технических, планово-экономических и отдела главного механика лесозаготовительных предприятий традиционными методами (вручную) и поэтому недостаточно точно и не всегда своевременно. Кроме того, некоторые задачи, решение которых крайне необходимо для эффективной организации лесосечных работ, из-за вычислительной сложности сейчас не решаются совсем.

Комплекс задач оперативного планирования лесосечных работ на первом этапе приведен в таблице. В его состав вошли следующие задачи:

- определение (прогнозирование) эксплуатационных показателей лесосечных работ (группа ЛЗ-1). Решение данной задачи обусловлено необходимостью получения численных значений производительности машин, выполняющих операции валки, трелевки, обрезки сучьев (как индивидуально, так и в совмещенном режиме); распределения рабочего времени, удельных эксплуатационных затрат и других показателей, которые могут являться входными данными для решения задач других групп. По этой группе задач имеются наработки в МГУЛ;

- определение расчетных производственно-экономических показателей эффективности лесосечных работ и потребности материальных ресурсов (группа ЗЛ-2). По этой задаче сотрудниками БГИТУ совместно с коллегами из МГУЛ разработана методика и зарегистрирована ЭВМ-программа. Результатом решения задачи являются технико-экономические показатели эффективности выполнения лесосечных работ.

На основании этих показателей работники производственно-технических отделов (ПТО) лесозаготовительных предприятий могут оценивать комплекты машин в определенных условиях их использования.

По этой группе задач сотрудниками МГУЛ разработан алгоритм, сотрудниками БГИТУ – программное обеспечение;

- определение оптимальных параметров организации лесосечных работ (группа ЗЛ-3). Решение этой группы задач позволяет получить параметры организации лесосечных работ, обеспечивающие наиболее эффективное их выполнение; параметры расположения усов и погрузочных пунктов на лесосеке [1-3]; оптимальные величины оперативных запасов древесины между смежными операциями и режимы их создания, пополнения, потребления и выработки (режимы работы машин) [4-6, 8-10, 12-16]; оптимального резервирования машин (по этой задаче сотрудниками БГИТУ разработана методика и зарегистрирована ЭВМ-программа); оптимальных графиков текущего обслуживания и ремонта лесосечных машин и т.д.;

- выбор эффективного состава лесосечных машин (группа ЗЛ-4) по типам и численности для конкретных условий разработки лесосеки, обеспечивающего выполнение лесосечных работ при минимальном или максимальном значении заданных показателей эффективности [7, 11, 17, 18];

- определение (анализ) влияния на эффективность лесосечных работ изменения параметров их организации (группа ЗЛ-5). Результаты решения этой задачи позволяют анализировать последствия изменения условий выполнения лесосечных работ;

- составление оперативных планов или технологических карт разработки отдельных лесосек и календарных планов лесосечных работ в целом по лесозаготовительному предприятию, на основании которых организуются работы на лесосеке (группа ЗЛ-6). По этой группе задач у авторов статьи имеется опыт составления технологической карты разработки лесосеки.

Проведенный анализ комплекса задач АОП ЛР первого этапа показывает, что не все задачи достаточно проработаны (группа ЗЛ-1, ЗЛ-5, ЗЛ-6) и требуют проведения дальнейших исследований.

Состав задач оперативного планирования лесосечных работ (ЛР)

Ин-декс задачи	Наименование задачи	Входные данные	Выходные данные	Вид математической модели	Критерий оптимальности	Производственные инстанции	
						Решающие задачу	Использующие результаты
ЗЛ-1	Определение (прогнозирование) эксплуатационных показателей ЛР - валка леса - трелевка леса - обрезка сучьев	Таксационные данные древостоев, рельефно-грунтовые условия, размеры лесосек, технические и эксплуатационные данные машин, схема транспортного освоения	Производительность, распределение рабочего времени, удельные эксплуатационные затраты	Имитационная	–	Плановый и производственный отделы	
ЗЛ-1.1 ЗЛ-1.2 ЗЛ-1.3							
ЗЛ-2	Определение расчетных производственно-экономических показателей эффективности лесосечных работ и потребных материальных ресурсов	То же и технико-экономические показатели машин и выполняемых ими процессов	Технико-экономические показатели эффективности выполнения работ	Аналитическая экономико-математическая	–		
ЗЛ-3	Определение оптимальных параметров организации ЛР	Эксплуатационные и технико-экономические показатели					
ЗЛ-3.1	Определение оптимальной схемы расположения усов и погрузочных пунктов на лесосеке	То же	Технико-экономические показатели эффективности строительства усов	Аналитическая детерминированная	Минимум денежных затрат	Производственный отдел	Техноруки
ЗЛ-3.2	Определение оптимальных оперативных запасов древесины и режимов работы машин	То же	Оптимальные величины межоперационных запасов и времени работы машин	То же	Максимум объема выработки и минимум простоя машин и денежных затрат	То же	Техноруки и мастера леса
ЗЛ-3.3	Расчет оптимального резервирования машин	То же	Оптимальное число резервных машин	То же	Минимум эксплуатационных затрат	То же	То же
ЗЛ-3.4	Расчет графиков технического обслуживания и ремонта лесосечных машин	То же	Календарный график техобслуживания и ремонта машин	То же	То же	Отдел главного механика (ОГМ)	То же и РММ
ЗЛ-4	Выбор эффективных составов лесосечных машин	Характеристики и производственные показатели работы машин	Состав машин по типам и численности	Аналитическая экономико-математическая	Производственно-экономические показатели	Производственный отдел	Техноруки и мастера леса
ЗЛ-5	Определение (анализ) влияния на эффективность ЛР изменений параметров их организации	Производственные, технические и технико-экономические показатели	Зависимость показателей эффективности от параметров организации	То же	–	То же	Производственный отдел
ЗЛ-6	Составление оперативных планов						
ЗЛ-6.1	- разработки лесосеки (технологические карты)	То же	Технологическая карта разработки лесосеки	То же	–	То же	Производственный отдел, техноруки и мастера леса
ЗЛ-6.2	- лесосечных работ по ЛЗ предприятия на квартал, год	То же	Календарный план лесосечных работ	То же	–	То же	

Конечной целью оперативного планирования является составление календарно-оперативного плана лесосечных работ по предприятию, оперативного плана разработки отдельных лесосек (технологических карт), на основании которых разрабатываются и выдаются бригадам наряд-заказы.

Для составления оптимального оперативного плана разработки лесосеки необходимо знание (прогнозирование) эксплуатационных показателей (выработки, затрат времени) комплектов машин и технико-экономических показателей на операциях лесосечных работ. Эти показатели могут быть определены при решении задачи ЗЛ-1 (см. табл.), а технико-экономические показатели – при решении задачи ЗЛ-2. Важны также оптимальные параметры организации работ того или иного комплекта машин на конкретной лесосеке, оптимальные схемы расположения усов, размеры оперативных запасов древесины и резервирования машин, график технологического обслуживания – все это возможно определить при решении задачи ЗЛ-3.

Если для конкретной лесосеки существует возможность использования нескольких комплектов машин, то при решении задачи ЗЛ-4 из них можно выбрать наиболее предпочтительное сочетание.

Если при решении задачи ЗЛ-5 возникают сложности при организации работы по оптимальным вариантам, можно определить, какими должны быть показатели работы. Решение этой задачи даст возможность анализа отклонений показателей выполнения работ при изменении тех или других производственных условий.

Конечная цель оперативного планирования – разработка оперативных планов – достигается при решении задачи ЗЛ-6. Ее алгоритм предполагает определение и выбор оптимального комплекта машин, оптимальных параметров организации и вычисления технико-экономических показателей работы, для чего при решении задачи ЗЛ-6 используются алгоритмы задач ЗЛ-2, ЗЛ-3, ЗЛ-4.

Автоматизированное решение перечисленных задач должно выполняться существующим персоналом лесозаготовительных предприятий в следующем порядке (рис. 2).

Задачи ЗЛ-1 и ЗЛ-2 решают производственные отделы предприятий (возможно – планово-экономические) в тех случаях, когда им необходимо получение информации об эксплуатационных и технико-экономических показателях работы машин в конкретных производственных условиях предприятия. Эта необходимость может возникнуть при определении целесообразности приобретения образцов новой техники, еще не применявшейся на предприятии, или определении показателей эффективности использования имеющейся техники в условиях, в которых она ранее не использовалась.

Результатами решения задач ЗЛ-3, ЗЛ-4, ЗЛ-5 могут воспользоваться производственные, планово-экономические отделы и отдел главного механика при разработке календарных производственных планов. Информация, получаемая при решении этих задач, позволит объективно и всесторонне оценить и выбрать для реализации наиболее эффективные варианты организации производственных процессов на лесосеке:

- схемы строительства лесовозных усов (задача ЗЛ-3-1);
- режимы работы машин и размеры межоперационных запасов (задача ЗЛ-3-2);
- оптимальное резервирование машин (задача ЗЛ-3-3);
- график технического обслуживания машин (задача ЗЛ-3-4);
- состав комплектов машин по численности (задача ЗЛ-4).

Когда календарные производственные планы разработаны и утверждены, то на их основе для выделенного лесосечного фонда составляются оперативные планы (технологические карты) разработки каждой лесосеки. Для автоматизированного составления технологических планов, а также сводных оперативных планов решается задача ЗЛ-6. При этом в случае использования новой техники или при работе имеющейся техники в условиях, в которых она не эксплуатировалась, используется информация, получаемая при решении задач ЗЛ-1 и ЗЛ-2.

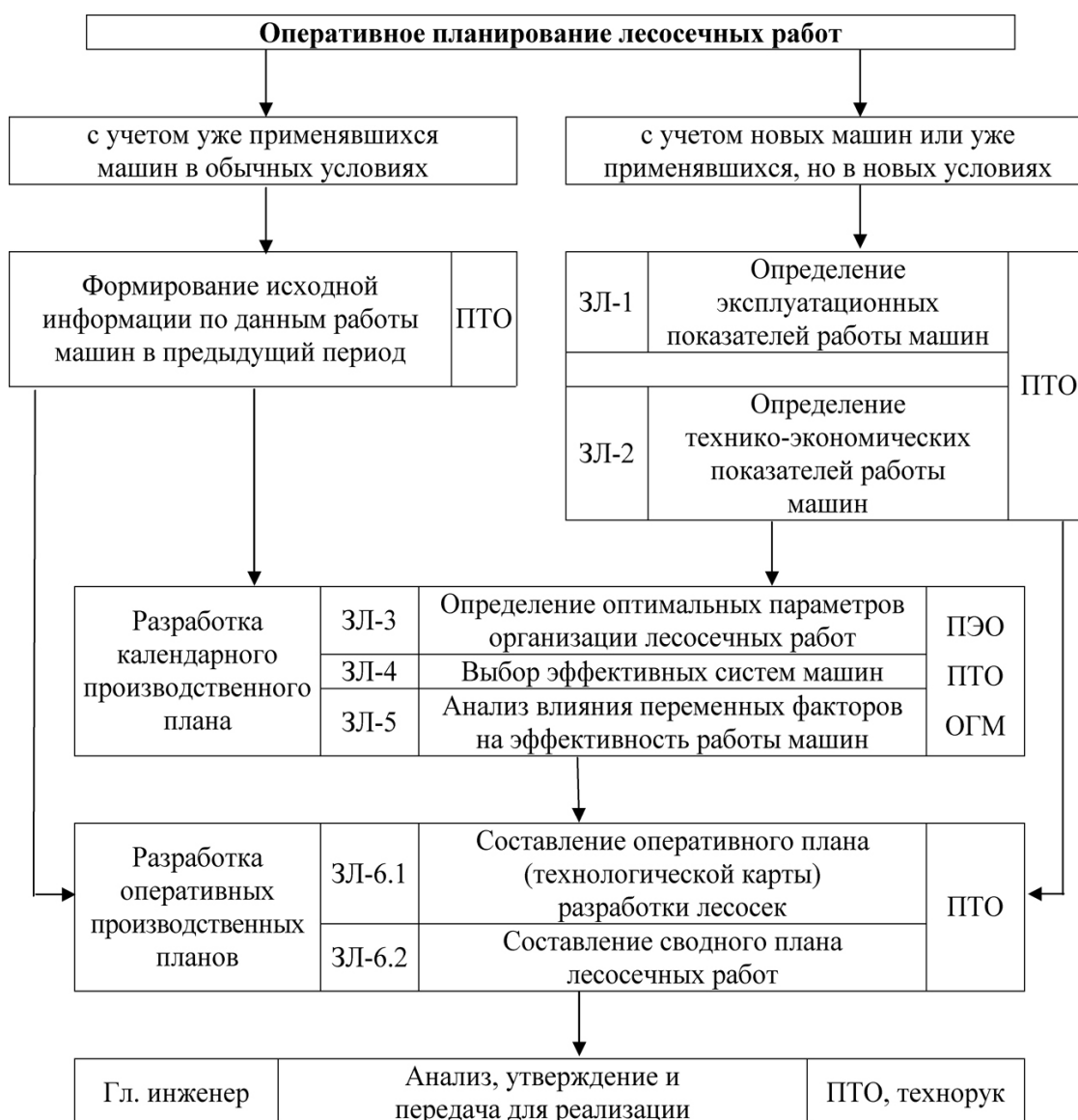


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированного решения задач оперативного планирования лесосечных работ

Карты заказа на решение задачи ЗЛ-6 заполняют сотрудники производственных отделов, ими же решается задача и анализируются полученные результаты. Если эти результаты не вызывают возражений, то они утверждаются главным инженером предприятия и становятся директивным документом. Если результаты расчетов по каким-то причинам неприемлемы или если изменились условия работы, то корректируются исходные данные и задача решается повторно.

Результаты решения задач печатаются в двух экземплярах – один для производственного отдела, второй – для мастерского участка.

На основании календарных планов лесосечных работ и оперативного плана разработки лесосеки производственным бригадам выдаются наряд-заказы на выполнение работ.

Выводы

В процессе оперативного планирования (представлен в таблице) комплекс задач АОП ЛР первого этапа, в зависимости от местных условий, может решаться в различных сочетаниях. Отдельные группы задач требуют проведения дальнейших исследований.

На основании решения задач АОП ЛР первого этапа работники лесозаготовительных предприятий получают параметры состава и организации работы комплектов машин, которые позволят повысить эффективность использования машин и оборудования.

Библиографический список

1. Афоничев Д.Н. Размещение петлевых разворотов на лесовозных усах / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2010. – № 6. – С. 93-96.
2. Афоничев Д.Н. Размещение погрузочных пунктов вдоль лесовозного уса / Д.Н. Афоничев, А.В. Пядухов, П.С. Рыбников // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж : Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. – Вып. 5. – С. 84-87.
3. Афоничев Д.Н. Размещение разворотных петель на лесовозном усе / Д.Н. Афоничев, П.С. Рыбников // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – № 6 (330). – С. 72-79.
4. Заикин А.Н. Моделирование режимов работы лесосечных машин / А.Н. Заикин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2009. – № 1. – С. 71-77.
5. Заикин А.Н. Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ : монография / А.Н. Заикин. – Брянск : БГИТА, 2009. – 204 с.
6. Заикин А.Н. Типы и назначение запасов древесины в производственном процессе лесозаготовок / А.Н. Заикин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – № 3 (333). – С. 71-78.
7. Климушев Н.К. Автоматизация выбора систем машин для сортиментной заготовки древесины / Н.К. Климушев // Материалы международной науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В.Е. Печенкина. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001. – С. 54-55.
8. Климушев Н.К. Методы и модели управления запасами лесоматериалов : монография / Н.К. Климушев. – Ухта : Изд-во УГТУ, 2001. – 76 с.
9. Климушев Н.К. Методы расчета запасов лесоматериалов / Н.К. Климушев // Материалы международной науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В.Е. Печенкина. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001. – С. 190-192.
10. Климушев Н.К. О классификации запасов лесоматериалов / Н.К. Климушев // Научно-технический прогресс в лесном комплексе : матер. международной науч.-практ. конф. – Сыктывкар, 2000. – С. 42-43.
11. Климушев Н.К. Оптимизация систем машин для сортиментной заготовки в условиях Республики Коми / Н.К. Климушев // Сб. науч. тр. УГТУ. – Вып. 5. – Ухта : УГТУ, 2002. – С. 85-88.
12. Климушев Н.К. О характере запасов лесоматериалов / Н.К. Климушев // Рациональное использование лесных ресурсов : матер. международной науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 1999. – С. 127-128.
13. Климушев Н.К. Процессное управление запасами лесоматериалов / Н.К. Климушев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2006. – № 6. – С. 102-104.
14. Климушев Н.К. Управление запасами лесоматериалов : монография / Н.К. Климушев. – Москва : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 187 с.
15. МПГлес: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011618265 / А.Н. Заикин, Л.И. Емельсон, Е.Е. Изюмова; правообладатель ГОУ ВПО БГИТА. – №20116116285; заявл. 19.08.11; зарегистр. 19.10.11.
16. Якимович С.Б. Моделирование стохастических обрабатывающе-транспортных систем с перемещаемыми запасами / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2007. – № 6. – С. 71-76.
17. Якимович С.Б. Постановка задачи оптимального управления синтеза для совокупности технологических процессов лесозаготовок / С.Б. Якимович // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2005. – № 6. – С. 86-89.
18. Якимович С.Б. Формирование комплектов машин лесозаготовок на основе распределения состояний предмета труда по маршруту технологического процесса / С.Б. Якимович, И.Ю. Володина // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2001. – № 2. – С. 128-136.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**Принадлежность к организации**

Анатолий Николаевич Заикин – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и сервиса ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Российская Федерация, г. Брянск, E-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru.

Ирина Ивановна Теремкова – преподаватель кафедры информационных технологий ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Российская Федерация, г. Брянск, E-mail: irina-teremkova@yandex.ru.

Дмитрий Николаевич Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8 (473) 224-39-39, E-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 29.08.2017

Дата принятия к печати 26.09.2017

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Anatoliy N. Zaikin – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Transport-Technological Machines and Service, Bryansk State Technological University of Engineering, Russian Federation, Bryansk, E-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru.

Irina I. Teremkova – Lecturer, the Dept. of Information Technologies, Bryansk State Technological University of Engineering, Russian Federation, Bryansk, E-mail: irina-teremkova@yandex.ru.

Dmitriy N. Afonichev – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8 (473) 224-39-39, E-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Date of receipt 29.08.2017

Date of admittance 26.09.2017