

УДК 630*32.001.57

UDC 630*32.001.57

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

**AUTOMATED MANAGEMENT OF
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WOOD
COMPLEX**

Пошарников Феликс Владимирович
д.т.н., профессор
*Воронежская государственная лесотехническая
академия, Воронеж, Россия*

Posharnikov Felix Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., professor
*Voronezh State Academy of Forestry and Technolo-
gies, Voronezh, Russia*

В данной статье подробно рассмотрена роль применения автоматизированных системам, а также вычислительной техники при проектировании и организации технологических процессов предприятий лесного комплекса. Приводится теоретическое обоснование структуры и состава информационной системы, обеспечивающее решение проблем лесопромышленного предприятия

In the given article, the role of application of automated systems, and also computer facilities is considered in detail at designing and production process of the enterprises of a wood complex. The theoretical substantiation of structure and structure of the information system, providing the decision of problems of the timber industry enterprise is resulted.

Ключевые слова: ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ ПРОЦЕСС, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПЕРЕВОЗКА, ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОИСК

Keywords: TIMBER INDUSTRY PROCESS, AUTOMATED SYSTEMS, INFORMATION TECHNOLOGY, TECHNOLOGICAL PROCESS, MODELLING, TRANSPORTATION, INFORMATION SEARCH

В данной статье подробно рассмотрена роль применения автоматизированных системам, а также вычислительной техники при проектировании и организации технологических процессов предприятий лесного комплекса. Приводится теоретическое обоснование структуры и состава информационной системы, обеспечивающее решение проблем лесозаготовительного предприятия.

Лесопромышленное производство в настоящее время насыщается автоматизированными системами управления различных уровней (автоматизированными системами управления предприятия – АСУП, автоматизированными системами управления технологическими процессами АСУТП, системами автоматизированного проектирования технологических объектов и процессов – САПР), функционирующими на базе современных средств вычислительной техники.

Применение вычислительной техники в проектировании позволяет выполнять многовариантный анализ проектных решений, что значительно

повышает их уровень и качество, позволяет оптимально организовать технологический процесс, обеспечить наилучшее использование сырья, энергоресурсов и рабочей силы, делает процесс гибким, способным оперативно приспосабливаться к изменяющимся условиям производства.

Внедрение информационных технологий с непрерывной актуализацией состояния лесного фонда и обеспечения на этой основе прозрачности хозяйственной деятельности ЛЗП; применение методов, технологий и производства с высокой экономической эффективностью; постоянный мониторинг хозяйственной деятельности предприятий, лесхозов, лесничеств; дифференцированный подход к многообразию в зависимости от конкретных (местных) условий, гармонизация интересов лесопользователей и государства позволяет решить главную задачу федерального агентства лесного хозяйства (ФАЛХ) страны – удовлетворение потребности промышленности, сельского хозяйства и населения в недорогом и качественном сырье и продукции его переработки при обеспечении всех лесопользователей равноправными условиями и высокой доходностью ЛЗП с применением правил ресурсосберегающих технологий.

В случае применения автоматизированного проектирования можно более эффективно выполнить выбор оптимальных схем технологии и организации процессов заготовки древесины, определить минимальные вредные воздействия на окружающую среду и сделать вывод об экономической эффективности применяемых приемов.

В самом общем виде технологическая подготовка производства требует решения задач, группируемых по следующим основным признакам: обеспечение заданного качества продукта процесса; выбор оптимального варианта технологического процесса; обоснование формы его организации; применение типовых процедур организации и управления процессами технологической подготовки производства.

Большое влияние на обоснованность принимаемых решений оказывает информация, ее полнота и достоверность, используемая при решении указанных технологических задач. Поэтому, прежде всего, важно решить проблему формирования информационного обеспечения.

При решении задач проектирования технологического процесса лесосечных работ используется аппарат теории вычислительных систем, автоматизации проектирования, анализа и структурного синтеза систем, математического моделирования и программирования.

Выбор конкретного варианта решения связан с определением вектора критериев оптимизации $Z=(Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_m(X))$, где $X=(X_1, X_2, \dots, X_m)$ – вариант, определяемый множеством количественных показателей параметров задачи, а m число исходных вариантов решения, Z_i – i -ый ($i = \overline{1, m}$) критерий оптимизации.

В качестве оптимизационных критериев выполнения рабочего приема рассматриваются удельные энергозатраты на его выполнение, на каждой выполняемой операции в качестве критерия оптимизации предлагается использовать производительность используемого оборудования и машин, а при рассмотрении комплексного процесса — удельные приведенные затраты на единицу производительности труда.

Для удобства анализа технологических процессов предприятий лесного комплекса логично принять следующие посылки: последовательность операций должна соответствовать пути, проходимого различными видами предмета труда в технологическом потоке; рабочие приемы в каждой операции целесообразно разместить в последовательности их выполнения; с целью более полного представления о физической сущности взаимодействия рабочих органов с предметом труда необходимо указывать вид предмета труда и вид получаемого продукта.

В самом общем виде технологическая подготовка производства включает решение задач, группируемых по следующим основным призна-

кам: 1) обеспечение заданного качества продукта процесса; 2) выбор оптимального варианта технологического процесса; 3) обоснование формы его организации; 4) применение типовых процедур организации и управления процессами технологической подготовки производства.

При решении задачи обеспечения качества продукта необходимо: а) провести анализ природно-производственной среды по таксационным характеристикам насаждений, материалам отвода и приемки лесосечного фонда; б) выполнить расчет характеристик, не заданных в явном виде; в) выполнить расчет количественной оценки качества продукта технологического процесса; г) определить расчет площади годичного лесосечного фонда, площади и числа лесосек. При выборе оптимального варианта технологического процесса необходимо рассмотреть типовые процессы заготовки древесины, определить состав и последовательность операций комплексного технологического процесса в соответствии с заданными сочетаниями характеристик предмета труда и природно-производственной среды, решить задачу выбора схемы разработки лесосек, размещения лесовозных усов, погрузочных пунктов, трелевочных волоков, не забывая при этом учитывать экологические требования. Выполняя предлагаемую последовательность по выбору оптимального варианта, следует провести анализ факторов, влияющих на взаимодействие рабочих органов технических средств с предметом труда. Задача параметрической оптимизации процессов выполнения каждой из операций альтернативных вариантов решается с учетом параметров рабочих органов и их приводов, эксплуатационной надежности операционных процессов и квалификации оператора. При этом рассматриваются такие вопросы, как расчет эксплуатационной надежности операционных процессов

$$\varphi_c = [1 - (\varphi_{ц} + \varphi_{вн} + \varphi_k)], \quad (1)$$

где $\varphi_{ц}$, $\varphi_{вн}$, φ_k — показатели, количественно оценивающие цикловые, внецикловые и косвенные потери времени смены.

Определение квалификации операторов каждого из технических средств, применяемых в альтернативных вариантах технологического процесса

$$K = \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij}^M \right) / t_{ц}^{\phi}, \quad (2)$$

$$t_{ц}^{\phi} = K_c \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij}^M, \quad (3)$$

где K_c — коэффициент совмещения элементов операции; t_{ij}^M, t_{ij}^{ϕ} — модельное и фактическое значение продолжительности цикла обработки предмета труда.

Проводится расчет среднего расстояния трелевки, продолжительности выполнения рабочих приемов и времени цикла при оптимальных режимах выполнения процессов, трудозатрат на выполнение подготовительных работ и расчет сменной производительности технических средств, потребности в оборудовании и рабочей силе, трудозатрат по видам работ (вспомогательные и заключительные), общей потребности в топливно-смазочных, эксплуатационных материалах и инструментах, себестоимости содержания машинокомплекса, равенство вариантов состава и структуры производственной единицы, выбор оптимального варианта технологического процесса для заданных условий. Обоснование выбора варианта технологического процесса выполнения работ для заданных природно-производственных условий обеспечивающего наилучшие технико-экономические и экологические показатели сводится к решению совокупности задач параметрической и структурной оптимизации. Сужение поиска оптимального варианта из существующих альтернативных возможно, если: а) отбросить заведомо не приемлемые для данных условий; б) ограничиться техническими средствами, выпускаемыми серийно.

Зависимость параметров эффективности от параметров состояния и управления системы в общем виде можно записать

$$Y = \Phi(X(t_0), U(t_0), t), \quad (4)$$

где t_0 и t – начальное и текущее время, соответственно; $X(t_0)$ – входные факторы; $U(t_0)$ – управляющие факторы.

К входным факторам относятся характеристики предмета труда и природно-производственной среды, которые по своей природе случайны и могут вступать в процесс в различных сочетаниях. Эти факторы для разных элементов лесной площади будут различны и подвергаются воздействию со стороны окружающей среды. Поэтому целесообразно использовать средние значения этих факторов и их статистические характеристики.

К управляющим факторам относятся воздействия на процесс для придания ему оптимальных параметров функционирования. Эффективность технологического процесса во многом зависит от правильного выбора этих факторов.

При параметрической оптимизации комплексных процессов в качестве управляющих факторов выбираются параметры технического средства, его рабочих органов, показатели, характеризующие режимы взаимодействия рабочих органов с предметом труда. В связи с тем, что из-за большого количества влияющих факторов задача может оказаться достаточно громоздкой, необходимо провести их тщательный анализ и исключить малозначительные. При структурной оптимизации комплексных процессов из отобранного числа альтернативных вариантов выбирают такой, в котором обеспечивается наиболее эффективное взаимодействие операций между собой. Разработка алгоритма технологии, организации и управления должна учитывать особенности каждой операции, а это невозможно без проведения структурного анализа. Для удобства анализа структуры операций выполняемых работ, логично принять следующие посылки: 1) последовательность операций должна соответствовать пути, проходимого раз-

личными видами предмета труда в технологическом потоке; 2) рабочие приемы в каждой операции целесообразно разместить в последовательности их выполнения; 3) с целью более полного представления о физической сущности взаимодействия рабочих органов с предметом труда необходимо указывать вид предмета труда и вид получаемого продукта.

Лесопромышленный процесс рассматривается как взаимодействие рабочих органов средства труда с предметом труда в определенных условиях среды при участии человека, задающего режимы этого взаимодействия. Это взаимодействие представляет собой совокупность движений, совершаемых рабочим органом от единичного привода, и называется рабочим приемом. Анализ конструкций рабочих органов лесозаготовительных машин, серийно выпускаемых в отрасли, показал, что несмотря на некоторые конструктивные отличия, их можно представить в виде отдельных блоков-модулей, в каждом из которых реализуются одни и те же физические явления при взаимодействии с предметом труда. Рабочие приемы объединяются в элементы операции – некоторые совокупности рабочих приемов, выполняемые с помощью одного рабочего органа. Все многообразие конструкций рабочих органов объединено в ограниченное число групп, в каждую из которых включены рабочие органы, взаимодействие которых с предметом труда основано на общих физических явлениях. На этапе заготовки древесины выполняются такие операции, как срезание, трелевка, очистка деревьев от сучьев, погрузка. Операцию срезание можно представить как совокупность следующих рабочих приемов: захват стоящего дерева, движение резания, движение подачи, доставка в пакет, перемещение базового шасси. Трелевка предмета труда включает в себя такие рабочие приемы, как захват предмета труда, доставка предмета труда, перемещение базового шасси. При выполнении операции очистки деревьев от сучьев имеем 4 рабочих приема: срезание сучьев, движение резания, движение подачи, перемещение по грунту. Погрузка древесины состоит из

захвата пакета из штабеля, перемещения базового шасси, укладки продукта труда. Перечисленные элементы являются необходимыми и достаточными для обеспечения функционирования процесса.

Задача структуризации того или иного множества объединений объектов состоит в разделении их на взаимосвязанные элементы, которые по совокупности своих свойств удовлетворяют целям данного разделения. В качестве цели структуризации, принято понимать выявление, систематизацию и формализацию свойств компонентов системы и ее внешней среды, определяющих их взаимосвязи и зависимости выбора.

Применительно к рассматриваемому вопросу, задача структуризации состоит в определении на имеющемся множестве некоторого подмножества взаимосвязанной информации, которое будет удовлетворять достижению поставленной цели.

Синтез допустимых вариантов структур сложных систем, имеющих большое число элементов и связей между ними, чаще всего выполняется на базе словесного описания принципов функционирования и множества возможных элементов синтезируемой системы, что обеспечивает построение модели системы в виде ориентированного графа $G(X,E)$, представляющего структуру системы. Вершины графа $x \in X$ соответствуют функциональным элементам, узлам или блокам системы, а дуги $e \in E$ представляют собой материальные и информационные потоки.

При достаточном уровне исходных данных синтез обеспечивает построение конечного множества допустимых вариантов структуры системы, но количество его элементов зависит от точности исходных данных синтеза.

Учитывая особенности лесных предприятий, для которых характерно разнообразие природно-производственных условий, постоянное воздействие окружающей среды на предмет труда, а в связи с этим и многовариантное использование имеющихся машин и механизмов, всю информацию

о технологическом процессе можно разбить на следующие группы: характеристики предмета труда и природно-производственной среды; технические характеристики применяемых инструментов, лесозаготовительных машин и оборудования; организационно-технологические факторы; экономическая информация.

Характерной чертой лесопромышленных предприятий является разнообразие природных условий: наличие в насаждениях древостоев, смешанных по породам и по возрасту; различная удельная концентрация сырья; разнообразие климатических и почвенно-грунтовые условий, различный рельеф местности; лесохозяйственные и экологические ограничения. Данную ситуацию можно описать сообщением вида $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, в котором X_1, X_2, \dots, X_n — есть коды объектов, относящиеся к той или иной группе факторов природно-производственной среды. Объекты имеют различное число характеристик с соответствующими значениями [6].

Исходя из того, что технологическая структура является иерархической, предлагается в качестве структурной модели представления информации использовать модель в виде кортежа моделей

$$M = \langle F, F_{xy}, F_{yw} \rangle \dots \dots \dots (5)$$

Элементы этой модели формируют этапы выполнения информационной технологии поиска оптимального решения. Здесь

F — модель формирования множества исходных данных, для решения конкретной прикладной задачи;

F_{xy} — модель преобразования входного объекта в выходной;

F_{yw} — модель множества выходных документов.

Модель формирования множества исходных данных F представляется в виде требуемого множества информации заданного формата и представляет собой нуль-граф

$$G_{wx} = G_{wx}(F(x), \emptyset), \quad (6)$$

где $F(x) = \langle F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n) \rangle$ — множество вершин, характеризующее множество исходных данных.

Каждое множество представляется в виде массива информации X_i заданного формата F_i . При этом модель формализуется в виде

$$F_i(x_i) = \{ F_{in}(x_i), F_{np}(x_i), \wedge(F) \}, \quad (7)$$

где $F_{in}(x_i)$ — множество исходных структур данных;

$F_{np}(x_i)$ — множество производных структур данных;

(F) — множество организационно-технологических ограничений.

При этом сам формат — это заданный граф $G(F_i, E_{F_i})$, где F_i — множество исходных и производных структур данных, E_{F_i} — множество связей (дуг), соединяющих эти структуры.

Модель преобразования входного объекта в выходной F_{xy} представляет не что иное, как модель функции самой информационной системы. Эту функцию можно описать в теоретико-множественном представлении, т.е.

$$F_{xy}(R: X \times C \rightarrow Y), \quad (8)$$

где R — множество глобальных реакций (преобразований $X \rightarrow Y$) системы.

Это возможно при наличии множеств X — входного объекта, Y — выходного объекта, C — состояний системы. Структуру модели представим в виде ориентированного графа

$$G_{xy} = (V_{xy}, E_{xy}). \quad (9)$$

Граф G_{xy} имеет множество вершин $V_{xy} = X \cup C \cup Y$ и множество дуг E_{xy} . Вершины Y достижимы из вершин X только через вершины множества состояний C , а множество дуг E_{xy} определяет множество стратегий информационного поиска.

Наконец модель множества выходных документов F_{yw} устанавливает

отношение между информационной системой и внешней средой и может быть представлена нуль-графом $G_{yw} = G_{yw}(F(Y), \emptyset)$.

Таким образом, модель M устанавливает отношение между множеством исходных данных X и множеством выходного объекта F_{xy} , причем

$$X \cup X_i \quad (10)$$

Формирование информационного массива W прикладной выбранной задачи можно представить в виде взаимодействия с множеством объединений X , обеспечивающих это формирование

$$W = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}. \quad (11)$$

Вывозка древесины является важной фазой лесозаготовок, связывающей лесосечные работы с операциями по переработке древесины на нижних складах и обеспечивающей их выполнение. Транспортная операция этой фазы тесно связана с погрузочно-разгрузочными работами. В связи с этим оперативное планирование и оперативное управление вывозкой древесины распространяется на погрузку древесины, на транспортные средства на лесосеках и разгрузку их на нижних складах. Лесотранспортные системы лесозаготовительных или специализированных лесотранспортных предприятий включают следующие объекты и подразделения: 1) подвижной состав; 2) дорожную сеть с водоотводными, водопропускными и другими сооружениями; 3) перевозимую древесину; 4) дорожностроительные материалы и дорожные машины; 5) систему управления; 6) личный состав — водители, дорожники, ремонтники, персонал управления и обслуживания; 7) службу технической эксплуатации, содержания, ремонта и строительства дорожной сети, эксплуатации и ремонта подвижного состава и дорожной техники. Мероприятиями по организации вывозимой древесины как производственного процесса являются — перевозка требуемых объемов древесины с наименьшими затратами материальных, трудо-

вых и денежных ресурсов с соблюдением требований экологии, безопасности и с учетом социологических аспектов. Автоматизированное управление лесотранспортным процессом, как и всяким производством, подразумевает решение вопросов перспективного и календарного планирования и оперативного управления.

Все задачи, относящиеся к оперативному планированию вывозки древесины, можно разделить на следующие группы: 1) прогнозирование (расчет) эксплуатационных показателей транспортного процесса; 2) расчет технико-экономических показателей вывозки древесины; 3) расчет оптимальных параметров организации вывозки древесины; 4) выбор рациональных систем машин; 5) разработка оптимальных оперативных планов вывозки древесины. Оперативное управление включает решение следующих задач: а) учет и анализ выполнения объемов работ (по каждому погрузочно-разгрузочному пункту, по каждому автопоезду); б) организацию движения транспортных средств по дороге (безопасность движения); в) выработку управляющих воздействий на процесс вывозки древесины при отклонении от планового уровня; 10) отработку информации, составление учетных и отчетных документов, передачу информации о процессе по инстанциям. Разработка оптимальных оперативных планов вывозки древесины с решением ряда расчетно-прогнозных задач требует значительного объема информации о транспортной системе. К таким данным относятся таксационные показатели лесосечного фонда, эксплуатационные показатели дорожных условий (параметры плана продольного профиля лесовозных дорог, их эксплуатационные показатели — прочности, ровности, сцепления, сопротивления движению и т.д.) и эксплуатационные показатели подвижного состава, скорости движения на различных участках дорог, рейсовые нагрузки, продолжительность погрузки, выгрузки. Все эти показатели имеют специфические особенности. При решении задач управления, в

зависимости от их характера, эксплуатационные показатели можно рассматривать как детерминированные или как случайные величины.

К эксплуатационным параметрам пути относятся такие количественные и качественные характеристики дороги, как протяженность пути в целом и по отдельным участкам, различающимся параметрами плана и продольного профиля (уклоны — подъемы и спуски, горизонтальные участки), поперечного профиля (ширина проезжей части, обочины); эксплуатационные качества покрытий (коэффициенты сцепления и сопротивления движению, ровность, шероховатость); условия видимости, интенсивность и безопасность движения. Для использования при решении задач управления информацию о величине уклонов пути по длине дороги можно представить в виде таблицы (таблица1). Такое представление информации удобно как при имитационном моделировании движения транспортных средств, так и при вычислении параметров движения по функциональным моделям участков пути. При моделировании процессов движения транспортных средств на дорогах большой протяженности элементы продольного профиля и плана дороги можно считать случайными величинами, а отклонения этих величин по длине дороги — случайным стационарным процессом. Поскольку элементы профиля связаны между собой, то часто бывает достаточно определить случайную функцию одной величины и по ее характеристикам вычислить функции и значения другой величины. Проведенные исследования показали, что в равнинной местности распределение элементов продольного профиля можно охарактеризовать кривыми Пирсона 3-го типа.

Таблица 1 – Информация об уклонах пути по длине дороги

Расстояние от	350	750	1250	1650	1920	2520	3320
начальной точки							

Длина участка		350	450	500	400	270	600	800
Уклоны	$i, \%$	0	+25	+20	0	-30	0	+30
	$\text{tg } \alpha$	0	+25	+0.02	0	-0.03	0	+0.03

$$P_i = \frac{\lambda^k}{r^{(k)}} e^{-\lambda i} i^{k-1}; \quad i_{\text{cp}} = \frac{k}{\lambda}; \quad \delta^2 = \frac{k}{\lambda^2}, \quad (12)$$

где i_{cp} — математическое ожидание уклона; δ — среднеквадратическое отклонение случайной величины уклона; r — выборочный коэффициент корреляции уклона; k — число появлений событий в независимые испытания; λ — среднее число появлений событий (и уклонов) в испытаниях.

По мере приближения местности к горной распределение уклонов приближается к нормальному:

$$P_i = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-i_{\text{cp}})^2}{2\sigma_i^2}}. \quad (13)$$

Вероятностной основой определения эксплуатационных показателей лесотранспортных систем и закономерностей движения транспортных средств по лесовозным дорогам могут быть статические модели, конкретное содержание которых обуславливается определенными, вернее оптимизируемыми параметрами и типами задач, в которых предлагается их использование.

Основным грузом, перевозимым по лесовозным дорогам, является древесина в виде деревьев, хлыстов, круглых лесоматериалов и щепы. Первичным видом перевозимой древесины, из которой получают и другие ее виды, являются хлысты. Для выбора типов транспортных и погрузочно-разгрузочных средств вошли размерные (длина, объем) и весовые (вес, масса) показатели стволов деревьев.

Важными эксплуатационными показателями режимов движения лесотранспортных средств являются их рейсовая нагрузка и скорость движе-

ния. Рейсовая нагрузка лесовозных автопоездов расчетным путем определяется как детерминированная величина на основе уравнения тягового баланса.

Литература

1. Транспортно-эксплуатационная оценка прочности дорожных одежд лесовозных дорог / Курьянов В.К., Чубов Н.И., Гоптарев С.М. и др. / Воронеж. гос. лесотехн. акад.—Воронеж, 1996.—32 с.—Деп. в ВИНТИ 25.12.96, № 3826–В–96.

2. Оценка сложностей дорожной обстановки на участках дорог в различных условиях рельефа / Курьянов В.К., Чубов Н.И., Гоптарев С.М. и др. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 1996. — 9 с. — Деп. в ВИНТИ 25.12.96, № 3791–В–96.

3. Методика расчета оптимальной дорожной сети / Курьянов В.К., Чубов Н.И., Слюсарев А.А. и др. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 1997. — 8 с. — Деп. в ВИНТИ 16.04.97, № 1279–В97.

4. Юдина Н.Ю. Формирование базы данных для автоматизированных расчетов в САПР лесозаготовок // Проблемы ресурсосберег. и экол. чистых технологий на предприятиях лесн. комплекса и подготовка лесоинж. кадров: Материалы Всерос. науч.-техн. конф., 28-30 июня 1994 г. Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 1995. — С. 137-139.

5. Юдина Н.Ю. Анализ факторов, влияющих на производительность валочных, валочно-пакетирующих машин // Математическое моделирование, компьютер. оптимизация технологий, параметров оборуд. и систем лесн. комплекса: Сб. науч. тр./ ВГЛТА.— Воронеж, 1997. — С. 37– 41.

6. Пошарников Ф.В. Оценка эффективности лесопильного производства методами дискретного программирования [Текст] / Ф.В. Пошарников, А.С. Черных / Вестник Московского государственного университета леса- Лесной вестник. 2006. № 6 – С.112–114.