

674
К60

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. С. М. КИРОВА

На правах рукописи

КОЛЕВАТОВ Эдуард Николаевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ
ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕРЕВЬЕВ И ХЛЫСТОВ**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва — 1980

Работа выполнена в лаборатории первичной обработки древесины Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

Научный руководитель:

кандидат технических наук **Г. А. Рахманин.**

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук **В. С. Петровский;**

кандидат технических наук **И. В. Турлай.**

Ведущее предприятие — Мостовской ЛПХ.

Защита состоится « 5 » *марта* 1980 г. в . . . часов на заседании специализированного совета К-056.01.01. по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском технологическом институте им. С. М. Кирова.

Адрес: 220630, г. Минск-50, ул. Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « 4 » *февраля* . . . 1980 г.

Ученый секретарь специализированного совета **И. Э. Рихтер.**

Большие задачи по дальнейшему развитию лесозаготовительной промышленности намечены XXV съездом КПСС: "Увеличить производство продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности на 22-25 процентов. Внедрять современное и высокопроизводительное оборудование и прогрессивные технологические процессы в лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Повысить производительность труда в лесной и деревообрабатывающей промышленности на 25-27 процентов" [I] .

Анализ особенностей технологических процессов нижних складов показывает, что в них постоянно проявляется воздействие различных случайных факторов. Такие процессы в общем случае не могут быть детерминированными. Поэтому для изучения основных закономерностей функционирования производственного процесса на нижнем складе лесопромышленного предприятия нужно рассматривать его как разновидность вероятностного процесса.

Известны работы, посвященные оптимизации структуры поточных линий для первичной обработки древесины, в которых рассмотрены варианты поточных линий с жесткой связью между агрегатами или с гибкой связью на основе буферных магазинов транзитного типа.

В настоящей работе сделана попытка решить задачу оптимизации структуры технологической группы из двух агрегатов и гибкой связью между ними на основе более эффективного буферного устройства тупикового типа.

Особенность буферного устройства тупикового типа состоит в том, что оно подключается к системе лишь в моменты отказов агрегатов, или неравномерной подачи сырья. При нормальной работе поточной линии между агрегатами осуществляется жесткая связь. При безотказной ритмичной работе технологических агрегатов транзит через

5633 ар

буферный магазин всего объема заготовок не имеет смысла, поскольку в этом случае надобность в буферном магазине отсутствует и более целесообразно передавать заготовки непосредственно от агрегата к агрегату.

Поскольку в течение смены преобладает состояние нормального, ритмичного функционирования агрегатов, то надобность в буферном магазине возникает лишь при состояниях их отказа или резкого колебания производительности.

Применение нового типа технологической связи между операционными агрегатами потребовало пересмотра некоторых из общепринятых положений в соотношении параметров входящих в поточную линию агрегатов, а также об оптимальной емкости буферных магазинов и режимах их функционирования.

Преимуществами новой технологической связи перед традиционной связью между агрегатами на основе буферных магазинов транзитного типа является:

более высокая техническая надежность технологической группы, обусловленная меньшим влиянием отказов буферного магазина тупикового типа на работоспособность операционных агрегатов;

меньший расход энергии на функционировании буферного магазина;

возможность создания значительных межоперационных запасов древесины при длительных отказах агрегатов;

возможность передать заготовки с одной поточной линии в буферный магазин тупикового типа другой линии, т.е. осуществлять взаимодействие потоков, вследствие чего повышается общая технологическая надежность нижнего склада.

Состояние вопроса. Разработкой основных принципов построения технологических процессов на нижних складах, а также методов расчета параметров машин и механизмов, применяемых на лесных складах занимались Батин И.В., Воевода Д.К., Вильке Г.А., Дудюк Д.Л., Залегаллер В.Г., Ковалев Н.Ф., Ласточкин П.В., Редькин А.К., Рахманин Г.А., Турлай И.В. и другие.

В работах этих ученых нашли отражение основные вопросы компоновки, структурной надежности поточных линий, емкости накопителей и т.д.

Все работы, касающиеся структуры поточных линий на нижнем лесном складе основаны на применении транзитного буферного магазина. Производительности смежных агрегатов принимались равными.

Однако структура поточных линий, основанных на применении буферных магазинов тупикового типа, вопросы оптимального соотношения производительности агрегатов и оптимальной емкости буферных магазинов в линиях этого типа, до настоящего времени не нашли достаточного освещения.

Цель работы. Целью исследований в настоящей работе является определение оптимальной структуры поточной линии для первичной обработки древесины с технологическими связями между агрегатами на основе буферного устройства тупикового типа.

В качестве основных агрегатов линии приняты сучкорезная установка ЦСД-2 и раскряжевочная установка ПЛХ-ЗАС. Расчеты проведены по критерию коэффициента готовности системы и коэффициентов наложения потерь агрегатов.

Конечной целью работы являются обоснование оптимальной по критерию наименьших приведенных затрат структуры поточной линии из двух агрегатов с тупиковым буферным устройством между ними,

а также разработка рекомендаций по улучшению работы действующих поточных линий для первичной обработки древесины на нижних складах леспромхозов.

Задачи исследования. В связи с поставленной целью сформулированы следующие задачи исследования.

1. Проведение хронометражных наблюдений и получение для каждого агрегата экспериментальных распределений времени обработки, времени отказов по техническим причинам, времени простоев по технологическим и организационным причинам, времени наработки до отказа по техническим, технологическим и организационным причинам.

Для сучкорезной установки ПСИ-2 получить с помощью хронометражных данных распределения характеристик функционирования "работа", "простой".

Построить гистограммы, вычислить накопленные кумулятивные вероятности для всех выше перечисленных характеристик.

2. Аналитическим методом исследовать технологическую группу агрегатов с жесткой и гибкой связью при их равной и неравной производительностях с целью получения коэффициента наложения потерь и коэффициента готовности.

3. Аналитическим методом определить оптимальное соотношение производительностей смежных агрегатов, связанных между собой посредством буферного устройства тупикового типа.

4. Методом имитационного моделирования технологической группы определить оптимальную емкость буферного устройства тупикового типа.

5. Произвести сравнение теоретических показателей функционирования системы, полученных аналитическим методом с результатами имитационного моделирования.

6. Определить оптимальный вариант технологической группы по критерию наименьших приведенных затрат.

Научная новизна работы. Впервые исследуется новый тип связи между агрегатами поточной линии для первичной обработки древесины.

В результате аналитических исследований получены зависимости коэффициентов готовности и коэффициентов наложения потерь при различной емкости буферного магазина тупикового типа.

Проведен расчет емкости буферного устройства в зависимости от соотношения производительностей агрегатов технологической группы при различных значениях коэффициентов готовности.

Впервые проведен имитационный эксперимент на ЭВМ ЕС 10-40 с помощью специализированного языка моделирования *GPSS* -360 на основе реальных распределений характеристик поточной линии на базе системы машин ИНС. В результате имитации были получены коэффициенты использования системы при жесткой и гибкой связи между агрегатами с применением тупиковых буферных магазинов.

Получены зависимости, позволяющие определить фактическое повышение производительности поточной линии с учетом влияния характеристик надежности, математическое ожидание времени пребывания одного хлыста в буферном устройстве при различных соотношениях производительностей смежных агрегатов, а также оптимальную емкость буферного устройства при различных вариантах технологической группы.

Место проведение и объект экспериментальных исследований.

Экспериментальные исследования проводились с целью получения распределений характеристик функционирования поточной линии. Работы по наблюдению за поточными линиями проводились на нижних складах Оленинского, Мостовского леспромхозов ЦНИИМЭ, Кирсинского

леспромхоза В/О "Кировлеспром", Красноярского леспромхоза В/О "Красноярсклеспром".

За время наблюдений фиксировались время обработки дерева и хлыста на сучкорезном и раскряжевочном агрегатах, время простоя агрегатов и поточной линии в целом по техническим, технологическим и организационным причинам, время работы агрегатов между отказами по различным причинам. Затем временные ряды обрабатывались с целью определения кумулятивной вероятности и в таком виде использовались в исследованиях.

Практическая ценность. Непосредственным практическим результатом работы являются рекомендации по оптимальной структуре поточной линии на базе системы машин ИНС с буферными магазинами тупикового типа.

Результаты диссертационной работы нашли применение в проекте опытного образца поточной линии для первичной обработки древесины на базе системы машин ИНС, смонтированной в Мостовском леспромхозе ЦНИИМЭ (темы № 57/2-У-1, 1976 г.; № 48/2-У-1, 1977 г.; № 47/1-У-1-74, 1978 г.). Технологическая схема поточной линии с продольной подачей, включающая буферные устройства тупикового типа, разработанная при непосредственном участии автора и с использованием результатов его диссертационной работы, вошла в состав "Положения о нижних лесных складах", утвержденного Минлеспромом 28 декабря 1977 г. и утверждена приказом Министра № 3 лесной и деревообрабатывающей промышленности от 8 января 1979 г., "О повышении эффективности первичной обработки древесины на нижних складах".

Дяросания работы. Результаты настоящего исследования нашли отражение в научных отчетах, обсуждались на секции Ученого Совета ЦНИИМЭ в 1975-1977 г.г., на Всесоюзной конференции "Примене-

ние математических методов и ЭВМ в научных исследованиях в лесной промышленности" в октябре 1976 г.; на У научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности в апреле 1975 г., где получили положительную оценку.

Публикация. По материалам диссертации опубликовано 4 работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и девяти приложений. Основная часть работы содержит 119 страниц машинописного текста. Общее количество рисунков - 40, таблиц - 6. Приложения состоят из 30 страниц. Список литературы включает 63 наименования, из них восемь зарубежных.

Основные положения работы

Количественные характеристики качества функционирования системы. Технологический процесс обработки поступившей на нижний склад древесины подвержен воздействию целого ряда факторов: неритмичная подача деревьев на обработку, колебания производительности работающих агрегатов, изменение запасов сырья и лесопродукции, технического состояния агрегатов поточной линии и т.д. Поэтому прежде чем приступить к теоретическому исследованию технологической группы вариантов, необходимо определить количественные характеристики качества функционирования системы.

Показателями качества функционирования технологической группы при аналитических исследованиях могут быть коэффициент технической готовности (коэффициент использования) и коэффициент наложения потерь предыдущего агрегата на последующий.

Коэффициент наложения потерь определяется долей потерь системы при условии, что второй агрегат работоспособен, а первый

находится в ремонте. Возможна и обратная ситуация, когда ремонтируется второй агрегат, а простаивает по этой причине первый. Оба этих показателя являются обобщающими характеристиками качества функционирования технологической группы. Поскольку второй агрегат является выходным, то его производительность определяется производительностью всей технологической группы.

При нормальном функционировании агрегатов I и II без резких колебаний их производительности хлысты передаются непосредственно от агрегата I к агрегату II, минуя буферный магазин, который при этом состоянии агрегатов I и II отключен и не оказывает никакого влияния на функционирование поточной линии. Буферное устройство подключается к потоку лишь в тех случаях, когда имеет место отказ одного из смежных с ним агрегатов или резкое снижение (увеличение) его производительности. При отказе агрегата II или при резком падении его производительности весь объем заготовок (или его избыточная часть) поступает в буферный магазин. Увеличенная производительность предыдущего агрегата может в некоторой степени компенсировать уменьшение емкости буферного устройства и наоборот, если производительность более медленного агрегата допускает выполнение установленного задания за заданное время. Расчеты показали, что увеличение производительности установки ПСЛ-2 на 10% может компенсировать уменьшение емкости буферного устройства в 1,5 раза. Повышение производительности последующего агрегата при низкой надежности его также может быть оправдано.

Аналитические исследования поточной линии с буферным устройством тупикового типа. При неравных производительностях агрегатов имеют место следующие основные состояния системы:

1. При промежуточном уровне запаса в магазине агрегаты работоспособны, линия выдает продукцию, уровень запаса в буферном магазине повышается.

2. При промежуточном уровне запаса в магазине первый агрегат неработоспособен. Линия выдает продукцию, уровень запаса в бункере понижается.

3. При промежуточном уровне запаса в магазине второй агрегат линии неработоспособен, линия не выдает продукцию, уровень запаса в магазине повышается.

4. При промежуточном уровне запаса в магазине оба участка линии неработоспособны, линия не выдает продукцию, уровень запаса в магазине не изменяется.

5. При промежуточном уровне запаса в магазине оба участка работоспособны, магазин неработоспособен, линия выдает продукцию, уровень запаса в магазине повышается.

6. При промежуточном уровне запаса в магазине первый агрегат и магазин неработоспособны, уровень запаса магазина не изменяется, линия не выдает продукцию.

7. При промежуточном уровне запаса в магазине второй агрегат и магазин неработоспособны, уровень запаса в магазине повышается, линия не выдает продукцию.

8. Магазин пуст, первый участок неработоспособен, линия не выдает продукцию.

9. Магазин полон, второй участок неработоспособен, линия не выдает продукцию.

10. Магазин полон, оба участка работоспособны, линия вы-

дает продукцию.

При условии, что производительность второго агрегата больше производительности первого, т.е. $Q_2 > Q_1$, различие в состояниях следующее:

1. Накопитель полон, оба агрегата работоспособны, уровень запаса в буферном магазине понижается.

2. При промежуточном уровне запаса в буферном устройстве оба участка работоспособны, линия выдает продукцию, уровень запаса в бункере понижается.

3. Накопитель пуст, оба участка работоспособны, линия выдает продукцию, бункер остается на нулевом уровне. Необходимо отметить, что коэффициент готовности технологической группы агрегатов должен рассматриваться как предельное значение функции готовности.

Функция готовности представляет собой вероятность того, что система сможет начать работу немедленно с приходом предмета труда, либо с некоторой задержкой, не превосходящей, однако, некоторого допустимого значения, зависящего в данном случае от резерва производительности.

Составив и решив систему дифференциальных уравнений, получаем значение коэффициентов готовности, коэффициентов наложения потерь, а также можем определить величину емкости буферного устройства.

Графики, представленные на рис. 1 и 2 показывают, что увеличение производительности любого из агрегатов увеличивает коэффициент готовности и снижает коэффициент наложения потерь одного агрегата на другой.

Расчетные значения емкости буферного устройства тупикового типа, полученные для различных соотношений производительности

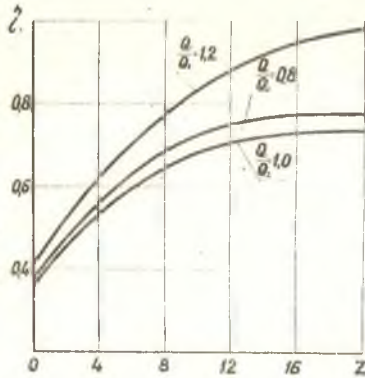


Рис. 1. Зависимость коэффициента готовности технологической группы от емкости буферного устройства при различном соотношении производительностей агрегатов.

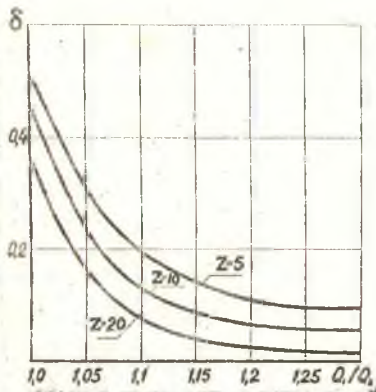


Рис. 2. Зависимость коэффициента наложения потерь от соотношения производительностей агрегатов при различной емкости буферного устройства.

смежных агрегатов, приведены в табл. I.

Имитационное моделирование технологической группы агрегатов. Машинный имитационный эксперимент проводился с целью проверки результатов теоретических исследований, а также для получения дополнительной информации.

Методом статистического моделирования исследовались 5 вариантов технологической группы с гибкой и 5 вариантов с жесткой связью при повышении производительности выходного агрегата -полуавтоматической линии ПЛХ-ЗАС на 10, 20, 30, 40 процентов.

Дискретом моделирования служит 1 с. За единицу моделирования (прогон) принята восьми часовая смена (28800 с). Число смен для моделирования выбрано на основании критерия Стьюдента для проверки совпадения средних значений. В данном случае сравнивались среднесменные производительности линии, получаемые при моделировании различного числа смен.

Для определения достаточного числа прогонов был проведен пробный машинный эксперимент для схем с жесткой и гибкой связью сучкорезной установки ПСМ-2 и полуавтоматической линии ПЛХ-ЗАС. Среднесменные производительности сравнивались для 5, 15, 50 прогонов (смен). Анализ по критерию Стьюдента показал, что 15 смен для моделирования достаточно с вероятностью ошибки 0,02. Для имитации был выбран специализированный язык моделирования *BPSS / 360*, с помощью которого возможно моделирование системы на основе реальных распределений характеристик системы, без какой-либо подгонки под один из типов теоретических распределений. Это позволяет свести к минимуму возможные ошибки, и таким образом, получить в эксперименте достоверные данные, необходимые для проверки теоретических исследований.

Результаты имитационного эксперимента представлены на рис. 3-4.

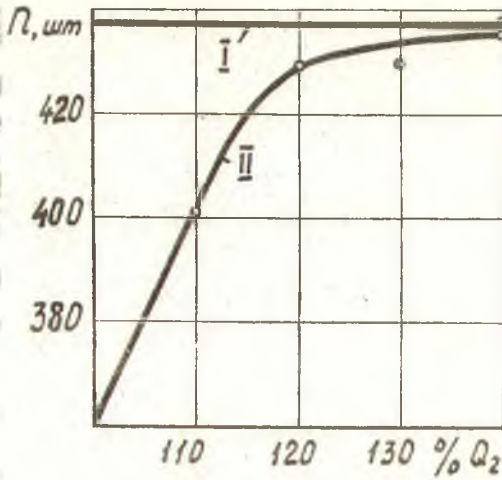


Рис. 3. График увеличения производительности системы при повышении производительности ПЛХ-ЗАС.

Q_1 I - производительность ПСЛ-2;

Q_2 - производительность ПЛХ-ЗАС.

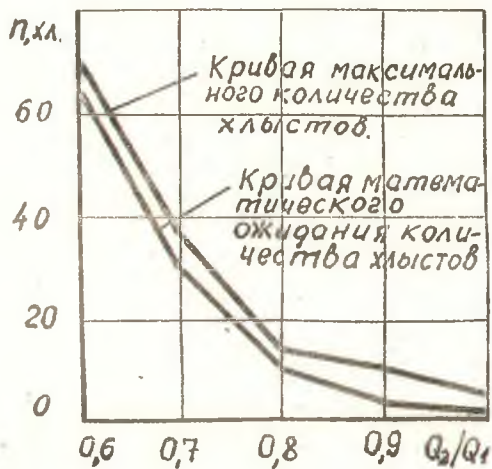


Рис. 4. График зависимости количества хлыстов в буферном устройстве от соотношения Q_2/Q_1 .

Выводы

1. Показано, что имеющиеся исследования в области технологии первичной обработки древесины и оптимизации структуры поточных линий на нижних лесных складах основаны на использовании транзитных технологических связей. Результаты этих исследований не могут быть применены при математическом описании функционирования технологической группы агрегатов с буферными магазинами тупикового типа.

2. В результате аналитических исследований получены зависимости коэффициента готовности системы от соотношения производительностей агрегатов, а также от емкости буферного магазина тупикового типа. Установлено, что коэффициент готовности выше, если один из агрегатов имеет большую производительность, чем другой. Предпочтительным является превышение производительности предыдущего агрегата над последующим на 10-20% при условии равенства коэффициентов готовности.

3. Получены зависимости коэффициента наложения потерь от соотношения производительностей смежных агрегатов и от емкости тупикового буферного магазина. Показано, что с ростом соотношения Q_1 / Q_2 коэффициент наложения потерь в технологической группе с гибкой связью может быть значительно уменьшен. Например, для емкости буферного магазина в 20 хлыстов с соотношением $Q_1 / Q_2 = 1,25$, коэффициент наложения потерь установки ПОД-2 на раскрывочный агрегат ПЛХ-ЗАС равен 0,02-0,03 длительности смены.

4. Проведен имитационный машинный эксперимент на основе реальных распределений характеристик технологической группы агрегатов с буферным устройством тупикового типа с помощью специализированного языка для систем массового обслуживания *GPSS /360*,

позволяющий использовать исходные данные без аппроксимации их теоретическими законами распределения. Это в свою очередь, значительно уменьшает погрешности результатов имитации.

5. По критерию наименьших приведенных затрат определена оптимальная структура технологической группы агрегатов.

Учитывая изменчивость параметров предмета труда и сравнительную величину удельной стоимости установок ПСЛ-2 и ПЛХ-ЗАС рекомендуется вариант при котором $Q_1 / Q_2 = 1,1 - 1,2$.

6. Экономический эффект от оптимизации структуры поточной линии на базе системы машин ГНС с гибкой связью составляет 6 тысяч рублей на одну поточную линию в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Анализ производительности поточной линии с тупиковым буферным устройством.

Труды ЦНИИМЭ, сб. 145, 1975, с. 116-123. (Соавтор Рахманин Г.А.).

2. Аналитическое исследование влияния избыточной цикловой производительности двух агрегатов на производительность трехучастковой поточной линии для первичной обработки древесины. Тезисы докладов, ЦНИИМЭ, 1975, с. 35-36.

3. К вопросу анализа производительности поточной линии с жесткой связью.

Тезисы докладов, ЦНИИМЭ, 1976, с. 40-41.

4. Рахманин Г.А., Юденич Е.А., Колеватов Э.Н. Исследование технологической группы агрегатов с буферным магазином тупикового типа методом имитационного моделирования.

Труды ЦНИИМЭ, сб. стр. 81-83.

Бумага 60×90¹/₁₆

Подписано к печати 21/1 1980 г.

Зак. 55

Тир. 100

Печ. л. 1

Л-54823

Тип. ЦНИИМЭ