

ОБОСНОВАНИЕ ЕМКостей МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ РАБОТЫ ГОЛОВНОЙ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ С ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ОПЕРАЦИЯМИ В РЕЖИМЕ ЕЕ РАБОТЫ ВРАЗВАЛ

Васильев Г.Л.¹, Чамеев В.В.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Россия (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37), e-mail: Lesoingener@yandex.ru

Проведен анализ работы лесопильной рамы с помощью комплекс-программы «ЦЕХ». Комплекс-программа «ЦЕХ» является имитационной моделью технологического процесса лесопиления. Приведены основные способы синхронизации работы головного станка ЛОЦ с предшествующими операциями: назначение оптимальной емкости питателя пачек бревен при жесткой связи; назначение оптимальной длины питателя; назначение оптимальной емкости питателей. Исследованы влияние емкости питателя перед цехом на загрузку лесопильной рамы и влияние длины питателя перед лесопильной рамой на коэффициент ее загрузки. Получены расчеты емкостей межоперационных запасов круглых лесоматериалов для синхронизации работы лесопильной рамы с предшествующими операциями при режиме работы вразвал. Полученные зависимости коэффициента загрузки лесопильной рамы можно применять для оптимизации при проектировании и работе лесопильных цехов.

Ключевые слова: имитационная модель, комплекс-программа «ЦЕХ», лесопиление, лесопильная рама.

RATIONALE CONTAINERS HOLDING STOCKS OF ROUND TIMBER FOR SYNCHRONIZATION OF THE WORK HEAD FRAME SAWS WITH PREVIOUS OPERATIONS IN THE MODE OF ITS OPERATION BREAKUP

Vasilev G.L.¹, Chameev V.V.¹

¹ FGBOU VPO "Ural state forest engineering University, Ekaterinburg, Russia (620100, Ekaterinburg, Sibirsky tract, 37), e-mail: Lesoingener@yandex.ru

The analysis of work of sawing frame using the complex program "ЦЕХ". The complex program "ЦЕХ" is a simulation model of the technological process of sawing. Bring the basic synchronization mechanisms functioning of the machine timber shop with previous operations: the optimal capacity of the feeder packs logs when hard links; assigning the optimal length of the feeder; the optimal capacity of the feeders. The influence of the capacity of the feeder before you shop on the loading frame saws and the influence of the length of the feeder in front of the saw frame on coefficient of its load. The resulting calculations containers holding stocks of round timber to synchronize a frame saws with previous operations when the operation mode breakup. The dependences of load factor frame saws can be used for optimize the design and operation of sawing workshops.

Keywords: simulation model, the complex program "TSEH", sawmilling, wood frame.

Сложность и многообразие процессов лесопользования предопределяет необходимость применения универсальных комбинированных методов, которые невозможно эффективно реализовывать без специализированных автоматизированных систем [1]. При моделировании технологических процессов одним из основополагающих и ключевых моментов является этап формализации поставленной задачи в виде одного из экономических показателей эффективности процесса и выражения выбранных показателей в виде конкретных математических зависимостей и отношений (функций, уравнений, неравенств и пр.) [4]. Имитационное моделирование процесса лесопиления является эффективным способом принятия решения ввиду ряда факторов, таких как невозможность построения аналитической модели (наличие в системе нелинейности и стохастических переменных);

необходимость имитировать поведение системы во времени; высокая стоимость или невозможность экспериментировать на реальном объекте.

В настоящее время ведется активная разработка станков и механизмов лесопиления, направленных на повышение производительности и качества выпиливаемых пиломатериалов, а также на снижение металлоемкости. Ярким представителем данных разработок является лесной комбайн, уменьшающий также затраты на транспортировку древесины [3]. Минусом подобных механизмов является сложность конструкции, поэтому значительный удельный вес в лесопилении благодаря простой конструкции и высокой производительности по-прежнему занимают лесопильные рамы.

Цель и методы исследования

Повышение эффективности работы рамных потоков можно достичь за счет назначения оптимальных размеров межоперационных запасов, позволяющих синхронизировать работу станков и механизмов. В данной работе приведены результаты исследований функционирования наиболее распространенной в лесной отрасли лесопильной рамы модели Р63-4Б для различных производственных условий. Поставка выбрана «тяжелые», т.е. схема раскроя бревен принята вразвал.

Стохастичность входного потока лесоматериалов, поступающих в пачках со склада сырья в лесообработывающий цех (ЛОЦ) при помощи подъемно-транспортного механизма, требует межоперационного запаса пачек бревен перед цехом, а стохастичность поступления бревен по подающему транспортеру — межоперационного запаса перед головным станком. Условия стохастической неопределенности входных параметров и способы адаптации к ним были рассмотрены для заготовительных систем в статье [6] с применением кластеризации. В данной работе для решения данных условий также проводится кластеризация входного потока лесоматериалов по диаметрам. Недостаточная емкость питателей снижает загрузку головного станка сырьем и, следовательно, производительность цеха как по сырью, так и по готовой продукции. В этой связи целесообразно выявить и оценить зависимость коэффициента загрузки головного станка сырьем от емкости накопителей. Расчеты проведены для средних условий работы лесопильных цехов Среднего Урала. Исследовался технологический процесс потока: подача пачек бревен с объемами $7,4 \text{ м}^3$ со склада сырья в цех производится подъемно-транспортным механизмом (ПТМ) со средней длительностью цикла 480 с. С питателя пачек бревен сырье поштучно подается продольным транспортером Б-22Е-01 со скоростью 0,8 м/с на питатель одноэтажной лесопильной рамы Р63-4Б. Параметры длительности цикла деления круглых лесоматериалов для станка Р63-4Б по заданным поставкам определены по компонент-программе (КП) «СТАНОК» комплекс-

программы (КП) «ЦЕХ». Методология решения технологических задач с использованием имитационного моделирования, в частности на базе КП «ЦЕХ», изложена в работах [2, 5].

Возможны следующие основные способы синхронизации работы головного станка ЛОЦ с предшествующими операциями.

1. Назначение оптимальной емкости питателя пачек бревен $E^{ПБ}_{П}$ при «жесткой связи» головного станка ГС1 с подающим транспортером (практически длина питателя ГС1 $L^{ГС1}_{П}=d_{max}$, где d_{max} – максимальный диаметр бревна).

2. Назначение оптимальной длины питателя бревен головного станка $L^{ГС1}_{П}$ при минимальной емкости питателя пачек бревен.

3. Назначение оптимальных емкостей питателей $E^{ПБ}_{П}$ и $L^{ГС1}_{П}$. При недостижении должного коэффициента загрузки головного станка сырьем $K^{ГС1}_3$ перечисленными способами параметры длительности цикла подъемно-транспортного механизма $t^{ПТМ}_{Ц}$ на подаче пачек бревен к цеху уменьшают.

Влияние емкости питателя $E^{ПБ}_{П}$ перед цехом на загрузку лесопильной рамы

Задача решалась для наиболее тяжелых условий работы ГС – распиловка несортированного пиловочного сырья вразвал на необрезные пиломатериалы. Результаты имитационного моделирования по КП «ПОТОК» КП «ЦЕХ» заданной схемы технологического процесса в диапазоне средних толщин круглых лесоматериалов $d_{CP}=16...30$ см приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты загрузки $K^{ГС1}_3$ лесопильной рамы Р63-4Б сырьем при распиловке несортированных бревен вразвал в зависимости от $E^{ПБ}_{П}$ и d_{CP}

| $E^{ПБ}_{П}$ | | Средний диаметр d_{CP} , см | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1 п; | 7,4 м ³ | 0,905 | 0,896 | 0,889 | 0,883 | 0,878 | 0,875 | 0,871 | 0,868 |
| 2 п; | 14,8 м ³ | 0,953 | 0,947 | 0,942 | 0,939 | 0,935 | 0,932 | 0,928 | 0,925 |
| 3 п; | 22,8 м ³ | 0,970 | 0,964 | 0,959 | 0,955 | 0,951 | 0,948 | 0,945 | 0,943 |
| 4 п; | 29,6 м ³ | 0,978 | 0,975 | 0,970 | 0,967 | 0,965 | 0,963 | 0,960 | 0,959 |
| $\Delta K^{ГС1}_3$ | 2 п | 0,048 | 0,051 | 0,053 | 0,056 | 0,057 | 0,057 | 0,057 | 0,057 |
| | 3 п | 0,065 | 0,068 | 0,070 | 0,072 | 0,073 | 0,073 | 0,074 | 0,075 |
| | 4 п | 0,073 | 0,079 | 0,081 | 0,084 | 0,087 | 0,088 | 0,089 | 0,091 |

Статистическая обработка данных таблицы 1 позволила построить зависимость $K^{ГС1}_3=f(d_{CP})$ для Р63-4Б.

$K^{ГC1}_3(1 п; d_{max})=0,8304d_{CP}/(d_{CP}-1,3115)$, при минимальном значении $E^{ПБ}_{П1}=1 п=7,4 м^3$.

Анализ функции показывает, что $K^{ГC1}_3$ с увеличением среднего диаметра сырья d_{CP} с 16 до 30 см уменьшается с 0,905 до 0,868 и со всех позиций является недостаточным. Увеличение емкости питателя $E^{ПБ}_{П}$ значительно повышает коэффициент загрузки лесопильной рамы сырьем до приемлемых значений. Если принять, что коэффициент загрузки лесопильной рамы должен составлять не менее 0,95, то при распиловке сырья с $d_{CP}=16$ см емкость питателя $E^{ПБ}_{П}$ должна быть рассчитана на две пачки бревен, а при $18 \leq d_{CP} \leq 24$, см – на три пачки. Емкость $E^{ПБ}_{П}$, равная четырем пачкам, удовлетворяет весь диапазон средних диаметров сырья $d_{CP}=16-30$ см.

Рост коэффициента загрузки $\Delta K^{ГC1}_3$ лесопильной рамы сырьем за счет увеличения емкости питателя $E^{ПБ}_{П}$ пачек бревен составляет:

$$\Delta K^{ГC1}_3 = K^{ГC1}_3(N_{П}; d_{max}) - K^{ГC1}_3(1; d_{max}).$$

Для $N=2$ п он колеблется от 0,048 до 0,057 в зависимости от d_{CP} ; для $N=3$ п рост составляет от 0,065 до 0,075, а при $N=4$ $K^{ГC1}_3=0,97$ для $d_{CP}=16$ см, а при $d_{CP}=30$ см $K^{ГC1}_3=0,959$. Для размещения требуемого объема пачек бревен на питателе $E^{ПБ}_{П}$ созданы различные механизмы. Так, у питателя типа РБ-100 и ЛТ-80Б рабочий объем позволяет разместить до $10 м^3$ бревен. Если требуется питатель повышенной емкости (на 2–3 пачки), то модели ЛТ-97А рабочая длина для размещения пачек бревен составляет 6000 мм. На питателе КСП-10 размещается до $30 м^3$ бревен.

Влияние длины питателя перед лесопильной рамой на коэффициент ее загрузки

Выше было показано, что увеличение только емкости питателя $E^{ПБ}_{П}$ не всегда достигает требуемого $K^{ГC1}_3$. Значительно уменьшить неравномерности от выполнения предшествующих операций на коэффициент загрузки сырьем головного станка возможно только путем оптимального назначения емкостей питателей $E^{ПБ}_{П}$ и $L^{ГC1}_{П}$. При этом, если $E^{ПБ}_{П}$ окажется недостаточной, питатель $L^{ГC1}_{П}$ принимает на себя часть функций питателя $E^{ПБ}_{П}$, т.е. недостаточная емкость питателя $E^{ПБ}_{П}$ компенсируется излишней емкостью питателя головного станка $L^{ГC1}_{П}$. Ниже, в таблице 2 изложены результаты исследований по определению величины $K^{ГC1}_3$ в зависимости от величины $L^{ГC1}_{П}$ при фиксированной величине $E^{ПБ}_{П1}=1 п=7,4 м^3$ в диапазоне средних значений диаметров $d_{CP}=16-30$ см с шагом 2 см. Анализ результатов имитационного моделирования распиловки несортированных круглых лесоматериалов на необрезные пиломатериалы, проведенной по КП «ПОТОК», показывает (рис. 1а), что в функции $K^{ГC1}_3=f(L^{ГC1}_{П})$ в общем случае можно выделить три зоны увеличения коэффициента загрузки станка. В первой зоне с незначительным увеличением $L_{П}$ наблюдается резкий рост $K^{ГC1}_3$. Третья зона является противоположностью первой. Рост $L^{ГC1}_{П}$ сопровождается незначительным увеличением $K^{ГC1}_3$, т.е. коэффициент загрузки станка

сырьем стабилизируется и несущественно зависит от $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$. Вторая зона является переходной. В этой связи появляется возможность выбора оптимального значения $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ на стыке второй и третьей зон, которое можно назвать стабилизационным (ст). В случае отсутствия зоны стабилизации или неприемлемости найденного значения $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ целесообразно применить принцип «разумной достаточности» в выборе $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ при $K^{\Gamma C1}_z=0,95$ или $0,975$.

Анализ значений $K^{\Gamma C1}_z$, проведенный для средних диаметров d_{CP} (табл. 2, рис. 1 б), позволил выявить изменение $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ от d_{CP} , которое можно приближенно выразить уравнением: $L^{\Gamma C1}_{\Pi}=185,1923+5,6731d_{CP}$, при этом коэффициент загрузки лесопильной рамы Р63-4Б сырьем составляет соответственно $K^{\Gamma C1}_{зст}=0,9998-0,0004392d_{CP}$.

Графическое изображение полученных уравнений $L^{\Gamma C1}_{\Pi}=f(d_{CP})$ и $K^{\Gamma C1}_{зст}=f(d_{CP})$ представлено на рисунке 1 а, б. Коэффициенты загрузки $K^{\Gamma C1}_{зст}$ для всех d_{CP} достаточно высоки (от 0,993 при $d_{CP}=16$ см до 0,987 при $d_{CP}=30$ см), однако $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ также имеют значения (от 275 см для $d_{CP}=16$ см до 355 см для $d_{CP}=30$ см). Установка питателей с такими значениями $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ возможна не во всех случаях. Ограничив $K^{\Gamma C1}_z$ определенным значением, достаточным, можно значение $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ свести до приемлемой величины.

Сняв значение $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ из графиков $K^{\Gamma C1}_z=f(L^{\Gamma C1}_{\Pi})$ (на рис. 1 б в качестве примера представлены зависимости для $d_{CP}=16, 20, 24, 28$ см) при принятых значениях $K^{\Gamma C1}_z$, аппроксимировав их, получим приближенные уравнения:

$$L^{\Gamma C1}_{\Pi} \text{ при } K^{\Gamma C1}_z=0,975=6,9238d_{CP}+17,1358;$$

$$L^{\Gamma C1}_{\Pi} \text{ при } K^{\Gamma C1}_z=0,95=5d_{CP}-5.$$

Таблица 2

Коэффициенты загрузки $K^{\Gamma C1}_z$ лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке несортированного сырья вразвал в зависимости от d_{CP} и $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$ при $E^{\Pi B}_{\Pi}=1$ $\Pi=7,4$ м³

| d_{CP} , см | Длина питателя головного станка $L^{\Gamma C1}_{\Pi}$, см | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 400 | 500 |
| 16 | 0,932 | 0,952 | 0,971 | 0,968 | 0,984 | 0,986 | 0,987 | 0,993 | 0,994 | 0,996 | 0,994 | 0,994 | 0,997 | 0,996 | 0,996 |
| 18 | 0,924 | 0,944 | 0,958 | 0,970 | 0,977 | 0,978 | 0,986 | 0,981 | 0,990 | 0,992 | 0,992 | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 0,995 |
| 20 | 0,908 | 0,929 | 0,958 | 0,962 | 0,970 | 0,975 | 0,982 | 0,991 | 0,992 | 0,994 | 0,994 | 0,997 | 0,992 | 0,995 | 0,993 |
| 22 | 0,907 | 0,925 | 0,949 | 0,955 | 0,966 | 0,979 | 0,984 | 0,987 | 0,991 | 0,989 | 0,991 | 0,992 | 0,992 | 0,990 | 0,993 |
| 24 | 0,899 | 0,916 | 0,931 | 0,942 | 0,949 | 0,970 | 0,979 | 0,983 | 0,988 | 0,988 | 0,990 | 0,989 | 0,990 | 0,986 | 0,992 |
| 26 | 0,888 | 0,906 | 0,928 | 0,942 | 0,950 | 0,966 | 0,974 | 0,979 | 0,984 | 0,986 | 0,990 | 0,989 | 0,993 | 0,991 | 0,993 |
| 28 | 0,886 | 0,898 | 0,929 | 0,941 | 0,954 | 0,971 | 0,969 | 0,976 | 0,980 | 0,990 | 0,988 | 0,989 | 0,990 | 0,991 | 0,990 |
| 30 | 0,873 | 0,904 | 0,925 | 0,938 | 0,955 | 0,968 | 0,969 | 0,972 | 0,975 | 0,986 | 0,988 | 0,990 | 0,986 | 0,991 | 0,986 |

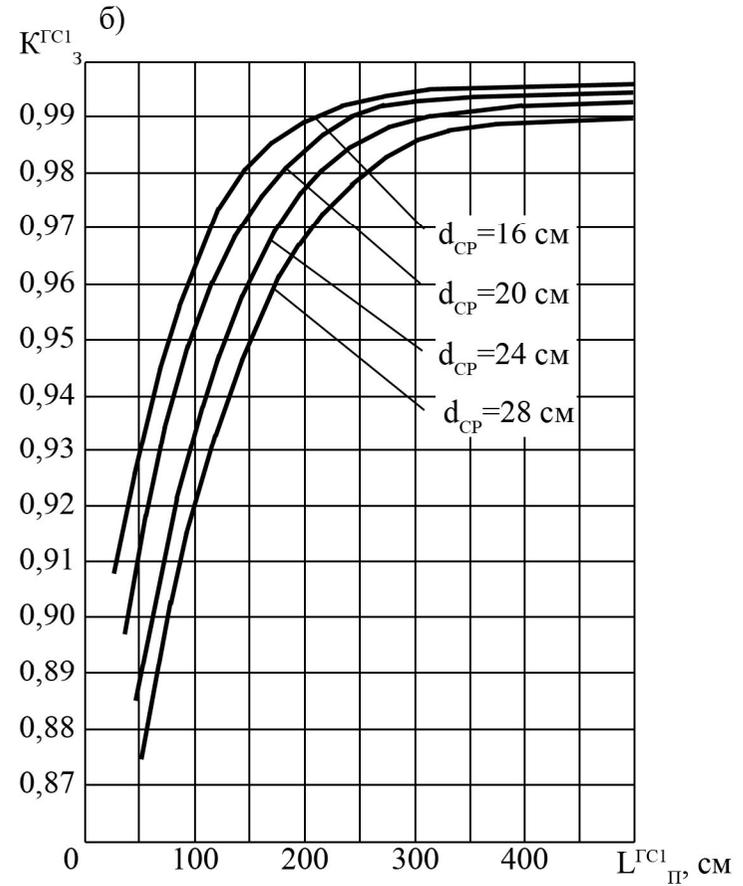
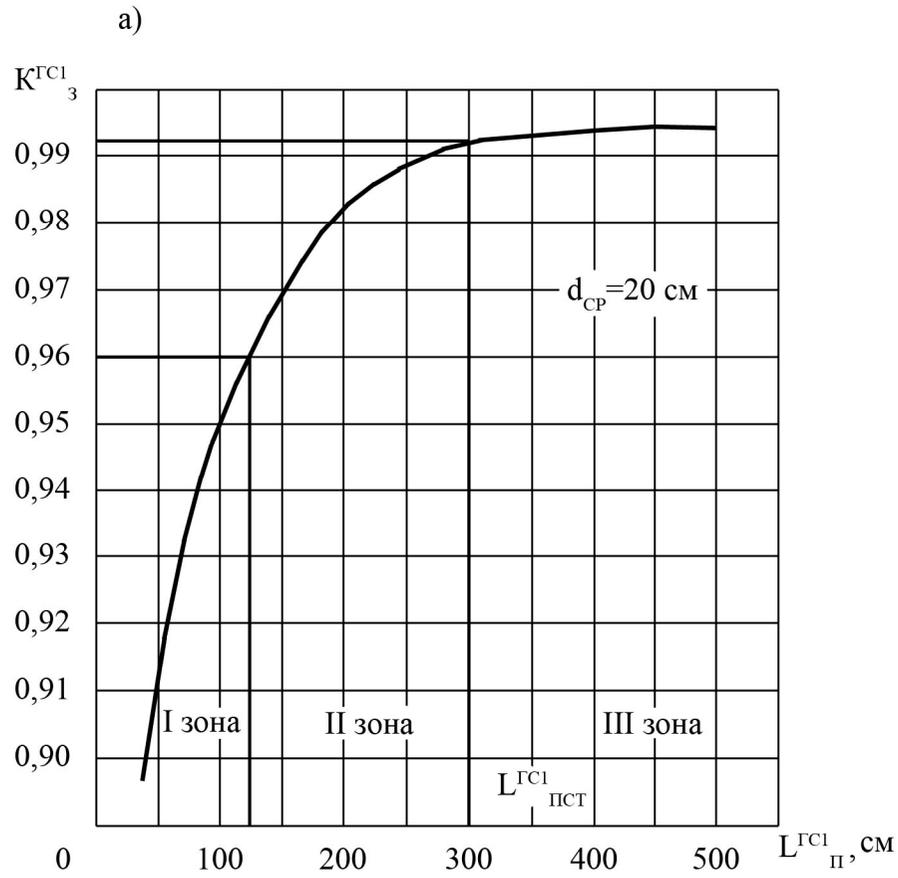


Рис.1. Графики зависимостей коэффициента загрузки K^{GCl}_3 лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке несортированного сырья вразвал от d_{CP} и L^{GCl}_{II} , при $E^{ПБ}_{II} = 1$; $E^{ПБ}n = 7,4 \text{ м}^3$

Анализ этих уравнений показывает, что при несущественном снижении коэффициента загрузки головного станка до 0,975 длина его питателя снижается почти вдвое (128 см для $d_{cp}=16$ см и 225 см для $d_{cp}=30$ см). По сравнению с технологической схемой, когда головной станок с продольным транспортером имеет «жесткую связь», установка питателя существенно повышает коэффициент загрузки головного станка. Для оценки принят показатель ΔK^{GC1}_3 , вычисляемый по формуле:

$$\Delta K^{GC1}_3 = K^{GC1}_3 - K^{GC1}_3(1п; d_{max}).$$

Максимальный прирост коэффициента загрузки головного станка ΔK^{GC1}_3 за счет введения «гибкой связи» возможен при стабилизационных значениях $K^{GC1}_{3СТ}$

$$\Delta K^{GC1}_{3СТ} = -0,0001101d_{cp}^2 + 0,007172d_{cp} + 2,1076$$

При принятом $K^{GC1}_3=0,975$ прирост будет несколько ниже

$$\Delta K^{GC1}_{30,975} = -0,0001205d_{cp}^2 + 0,008110d_{cp} - 0,02836$$

Соответственно при

$$K^{GC1}_3=0,95 \quad \Delta K^{GC1}_{30,95} = -0,0001205d_{cp}^2 + 0,008110d_{cp} - 0,05336$$

Выводы

1. Коэффициент загрузки головного станка зависит от многих факторов, в первую очередь от длины питателя $L^{GC1}_П$ перед ним.
2. При выборе конкретной длины $L^{GC1}_П$ для головного станка нужно исходить из наиболее «тяжелых» условий функционирования головного станка. При распиловке сырья вразвал это несортированное сырье.
3. Окончательный выбор длины питателя перед головным станком целесообразно сделать после исследования работы ГС с брусковкой.

Список литературы

1. Казаков Н.В. Автоматизированные системы инженерии знаний в лесопользовании / Н.В. Казаков, П.Б. Рябухин, М.А. Садетдинов // Вестник ТОГУ, 2013. – № 2. – С. 177 – 184.
2. Кривоногова А.Н. Имитационное моделирование размерно-качественных параметров круглых лесоматериалов и выхода пилопродукции в лесоперерабатывающих цехах лесопромышленного предприятия / А.Н. Кривоногова, В.В. Чамеев, Б.Е. Меньшиков // Т. 1 Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сборник статей студентов и молодых ученых / СибГТУ. — Красноярск, 2009. – С. 244 – 248. – 50 экз. — ISBN 5 – 8173 – 0300 – 4.

3. Патент № 2233073 РФ. Лесной комбайн [Текст]// С.Б. Якимович, А.К. Редькин, А.Н. Зорин– Заявлено 02.07.02: Опубликовано 27.07.04 / Бюл. Открытия. Изобретения. — № 21.
4. Рябухин П.Б. Математическое моделирование в решении задач предприятий лесопромышленного комплекса/ П.Б. Рябухин, А.П. Козорез, А.В. Абузов // Вестник КрасГЛУ, 2012. – №5. – С. 76–83.
5. Чамеев В.В. Математическая модель и алгоритм по определению сортового состава круглых лесоматериалов и выхода готовой продукции / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2014. – № 2-S. – С. 156–162.
6. Якимович С.Б. Управление схемами работы машин в обрабатывающе-транспортных лесозаготовительных системах / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2010. – № 5. – С. 78–81.

Рецензенты:

Рябухин П.Б., д.т.н., профессор, декан факультета природопользования и экологии ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск;

Бутко Г.П., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой финансов, ДО и кредита АНОО ВО «Уральский Финансово-Юридический институт», г. Екатеринбург.