

УДК 630*383

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ГИБКИХ ПРОЦЕССОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

© 2017 А.А. Шадрин¹, О.Н. Бурмистрова², Н.Н. Костюкевич¹¹Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал)²Ухтинский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 02.03.2017

Рассматриваются вопросы гибкой компоновки станков в деревообрабатывающих цехах лесозаготовительных предприятий. Установлено, что в деревообрабатывающих цехах с малыми объемами производства и многономенклатурном выпуске готовой лесопроductии целесообразно применение гибкой компоновки станков в технологических потоках. Это обеспечивает максимальную загрузку применяемых станков и оборудования и позволяет оперативно менять маршруты обработки заготовок в цехе в зависимости от изменения состава обрабатываемого древесного сырья и номенклатуры выпускаемой лесопроductии. Показаны варианты обработки древесного сырья в цехах с гибкой компоновкой станков, а также классификация гибких деревообрабатывающих процессов. Приведены результаты расчетов загрузки подъемно-транспортного оборудования при обслуживании станков в цехе.

Ключевые слова: *цех, обслуживание, деревообработка, маршрут, загрузка, станок, оборудование*

Развитие лесопромышленного производства тесно связано с совершенствованием технологических процессов переработки древесного сырья в цехах лесозаготовительных предприятий. В настоящее время в лесном комплексе функционируют преимущественно лесозаготовительные предприятия с малыми объемами производства. По данным Росстата в России зарегистрировано 10,2 тыс. лесозаготовительных фирм с общим объемом заготовок 126,7 млн. м³ древесного сырья [1]. При этом среднегодовой объем лесозаготовок по предприятиям России составляет 12,5 тыс. м³. Малые объемы производства, а также особенности функционирования деревообрабатывающего производства в условиях лесозаготовительных предприятий являются причиной низкой загрузки применяемых в цехах станков и оборудования [2]. Кроме того, постоянное изменение номенклатуры перерабатываемых лесоматериалов и номенклатуры выпускаемой проductии в цехах лесозаготовительных предприятий требует построения деревообрабатывающих процессов, способных оперативно адаптироваться к меняющимся условиям их функционирования.

Исследованиями установлено, что в деревообрабатывающих цехах с малыми объемами производства и многономенклатурном выпуске готовой лесопроductии целесообразно применение гибкой компоновки станков в технологическом потоке по принципу «склад заготовок – станок – склад заготовок». Такая компоновка станков обеспечивает максимальную их загрузку и возможность, при необходимости, менять маршруты обработки заготовок. Под маршрутом обработки понимается упорядоченная последовательность технологических операций переработки заготовок до стадии готовой проductии [4, 16]. В цехах с гибкой компоновкой

станков маршрут переработки лесоматериалов может изменяться в зависимости от изменения состава и параметров обрабатываемого древесного сырья и номенклатуры выпускаемой проductии. При выборе маршрута переработки древесного сырья исходят из условия выравнивания загрузки станков за определенный период времени (смена, месяц и т.п.).

Постоянно меняющиеся таксационные параметры разрабатываемых лесосек, изменение спроса на лесопроductию при мелкосерийном производстве обуславливают необходимость обеспечения оперативного маневра имеющимися в цехе ресурсами станков и оборудования. Для примера на рис. 1 показаны гибкие транспортные системы (кран-балки, автопогрузчики), обеспечивающие доступ к любому станку цеха. Отличительной способностью технологических линий с гибкой взаимосвязью между потоками является возможность передачи пачек заготовок (полуфабрикатов) в процессе переработки от станка предыдущей операции на любой станок последующей операции. Производительность таких технологических потоков за счет гибкой взаимосвязи станков возрастает, особенно при мелкосерийном производстве [6, 8, 15].

Транспортная система, обеспечивающая функционирование деревообрабатывающего процесса, состоит из транспортных и накопительных устройств, осуществляющих межоперационное хранение заготовок и их подачу к перерабатывающим станкам или модулям и на склад готовой проductии. Основными операциями, выполняемыми внутрицеховой транспортной системой при обслуживании станков с гибкой компоновкой являются: перемещение заготовок, деталей и полуфабрикатов по территории цехов и между участками производства, подача перерабатываемых деталей на рабочую позицию (приёмное устройство) технологического оборудования, транспортировка готовых изделий на склад, а также подача инструмента к перерабатывающим станкам. Транспортные системы различаются как по конструкции, так и по способу размещения (рис. 2.) [7, 11].

Шадрин Анатолий Александрович, доктор технических наук, профессор. E-mail: shadrin@mgul.ac.ru
Бурмистрова Ольга Николаевна, доктор технических наук, профессор. E-mail: oburmistrova@ugtu.net
Костюкевич Николай Николаевич, инженер кафедры. E-mail: K_mikola@mail.ru

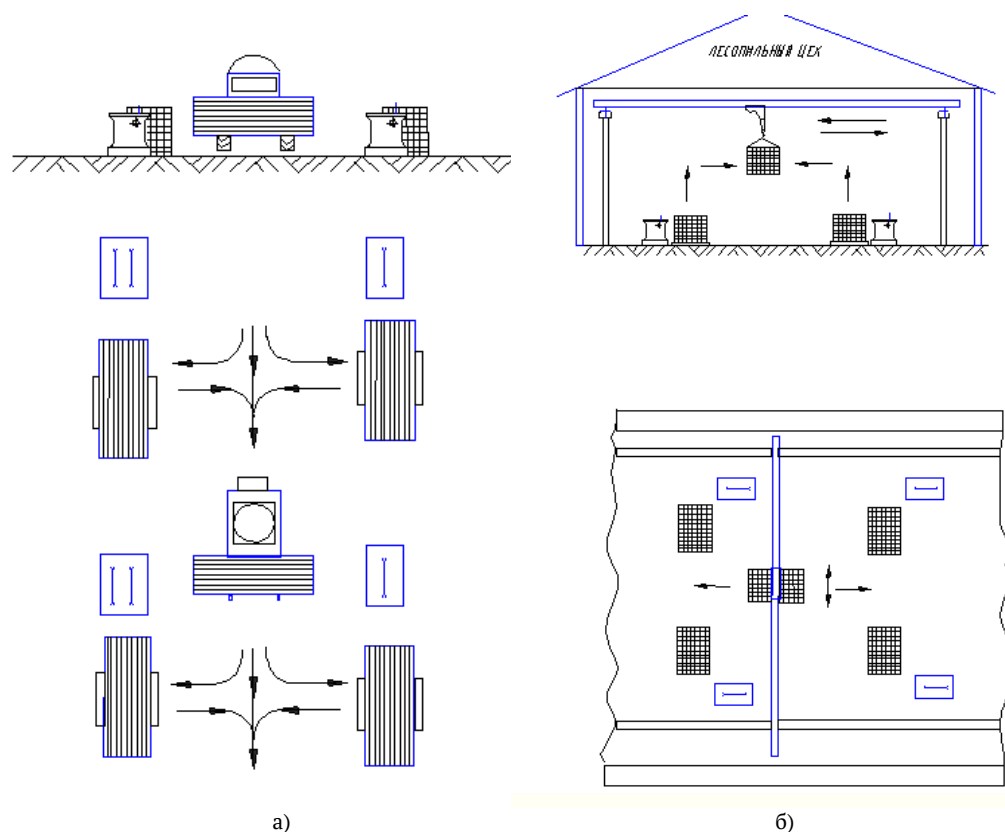


Рис. 1. Варианты транспортировки пачек заготовок в деревообрабатывающем цехе: а) при помощи автопогрузчика; б) при помощи кран-балки

Применительно к деревообрабатывающим цехам с гибкой компоновкой станков заслуживают внимания подвесные транспортные средства, имеющие возможность доставлять груз в любую точку производственной площадки. Такому условию отвечает, например, мостовой кран, снабженный автоматизированным захватным устройством. Это позволит размещать станки в любой (наиболее выгодной) последовательности, обеспечит их практически независимую работу друг от друга и наиболее рациональное использование производственных площадей [13, 18, 19].

Для деревообрабатывающих цехов лесозаготовительных предприятий характерна

переработка деловых и низкосортных лесоматериалов. Повышению концентрации производства и, следовательно, загрузки применяемого оборудования цехов способствует их совместная переработка в едином комбинированном цехе с гибкой компоновкой станков [7, 14]. Гибкость деревообрабатывающего процесса во многом является средством, обеспечивающим устойчивость всего производственного процесса, которая определяется уровнем стабильности выходных характеристик (объема переработки древесного сырья в цехе, объема выхода готовой продукции, номенклатуры, качества и стоимости продукции) [5].

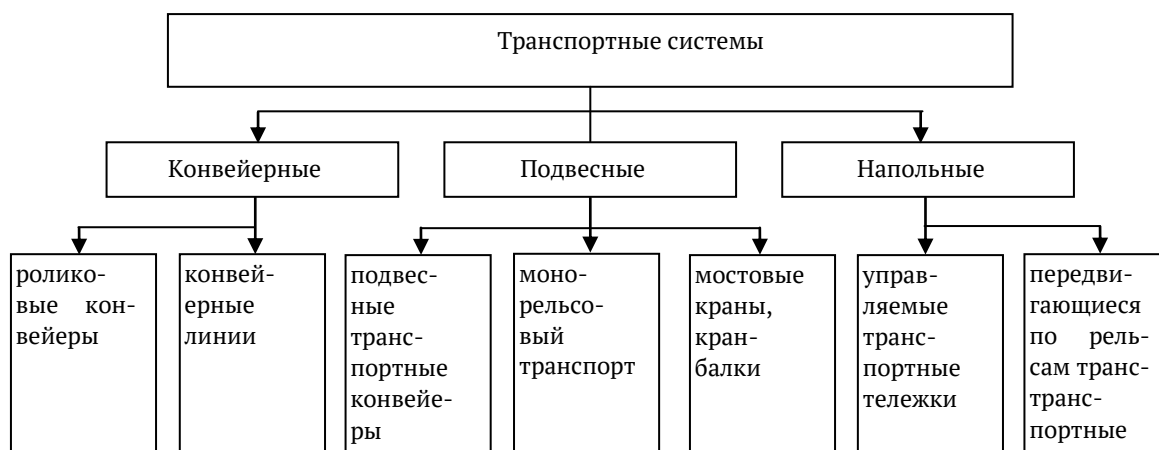


Рис. 2. Классификация транспортных систем

На производственный процесс деревообрабатывающего цеха оказывается внешнее воздействие как со стороны снабжения цеха требуемыми видами древесного сырья, так и со стороны рынка лесопроductии цехов (рис. 3) [8, 10]. Это воздействие носит случайный характер и приводит к соответствующим колебаниям, как производительности отдельных машин, так и всего деревообрабатывающего производства. Интенсивность внешних воздействий возрастает с уменьшением объемов производства и с увеличением номенклатуры перерабатываемых лесоматериалов и выпуска готовой лесопроductии.

Для сглаживания негативного воздействия на производство внешних факторов предлагается переработка в общих технологических потоках

различных по назначению сортиментов на различную проductию. Такая организация деревообрабатывающего производства позволяет догружать оборудование цеха дополнительным объемом древесного сырья. Исследования показали [6, 8], что возможность переработки различных по назначению сортиментов в общих потоках обеспечивается за счет установки в них оборудования универсального (многоцелевого) назначения [20]. При этом функции универсального станка может выполнять любой станок технологического потока (чаще головном), который перерабатывает несколько видов сортиментов. К ним можно отнести круглопильные, ленточнопильные, окорочные станки, рубительные машины и т.д.

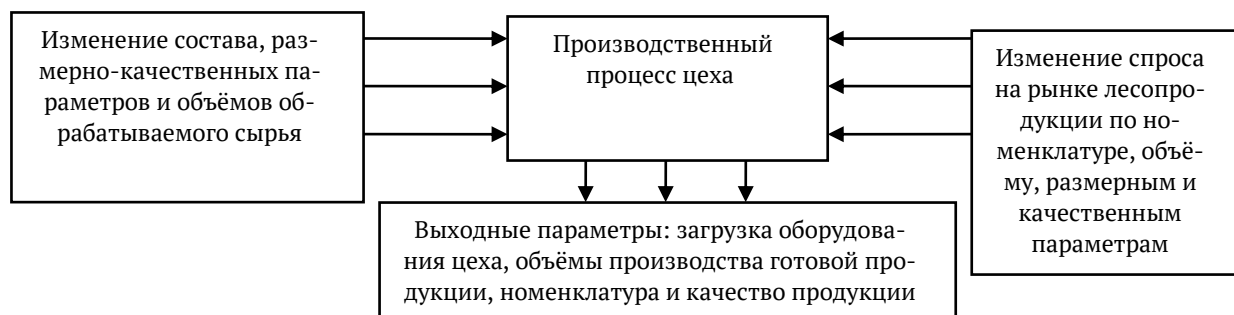


Рис. 3. Схема воздействия внешних случайных факторов на производственный процесс деревообрабатывающего цеха

На рис. 4 представлены возможные варианты обработки древесины в цехах лесозаготовительных предприятий. На приведенной схеме сплошной линией обведено оборудование, перерабатывающее все виды сырья, поступающие в цех (универсальное оборудование), прерывистой – оборудование, перерабатывающее только часть поступающего сырья. В скобках указано оборудование, которое может быть использовано вместо предыдущего, показанного на схеме. Оборудование, обозначение которого на схеме указано без обводки, перерабатывает только один вид сырья. Схема позволяет при известном составе сырья, предназначенном для переработки на нижнем лесопромышленном складе, и требуемой номенклатуре готовой проductии подобрать деревообрабатывающий цех с соответствующим составом оборудования.

Для оценки уровня комбинирования обработки различных по назначению сортиментов предлагается использовать следующий показатель, который получил название коэффициента комбинирования:

$$\varphi_k = 1 - \sum_{i=1}^n k_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{V_{\text{общ.}}} \right)^2, 0 \leq \varphi_k < 1 \quad (1)$$

где K_i – доля i -го вида сырья в общем объеме переработки древесины в цехе; V_i , $V_{\text{общ.}}$ – средний объем переработки в цехе i -го вида сырья и общий объем переработки за определенный период времени, м³;

n – количество видов сортиментов, поступающих на переработку в комбинированный цех.

Приведенный коэффициент позволяет количественно оценить уровни комбинирования, как отдельных технологических потоков, так и цеха в целом. Практически количество видов сортиментов, перерабатываемых в комбинированном цехе, находится в пределах 2-4, хотя возможно и большее их количество. Коэффициент комбинирования для деревообрабатывающих цехов может изменяться в достаточно больших пределах. Однако, как показали проведенные исследования, для большинства комбинированных цехов φ_k имеет значение до 0,5.

Концентрация переработки древесного сырья в цехе с гибким технологическим процессом, увеличивает интенсивность поступления древесины к рассматриваемым цехам, что позволяет создавать запасы сырья перед цехами меньшей относительной вместимости, вследствие чего сокращаются соответственно и удельные затраты на их создание, а также уменьшается занятость подъёмно-транспортных машин на обслуживании цехов [7, 12].

Анализ производственных процессов обработки древесного сырья показывает, что их способность адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования, может быть достигнута за счет реализации в процессе производства основных видов гибкости, тесно связанных между собой. При этом различают технологическую гибкость и гибкость, связанную с переналадкой производственной системы. Эти основные признаки гибкости связаны

с маршрутной, настроечной и номенклатурной видами гибкости, а также с гибкостью объемов выпуска готовой продукции цехов. Взаимосвязь различных видов гибкости деревообрабатывающего процесса обеспечивает его универсальность и имеет признаки классификации, характерные для лесо-

заготовительных предприятий [6, 15, 16]. Разработана классификация гибких деревообрабатывающих процессов, которая позволяет определить основные характеристики цехов и воспользоваться ими при анализе и моделировании рассматриваемых процессов по обработке древесного сырья (рис. 5).

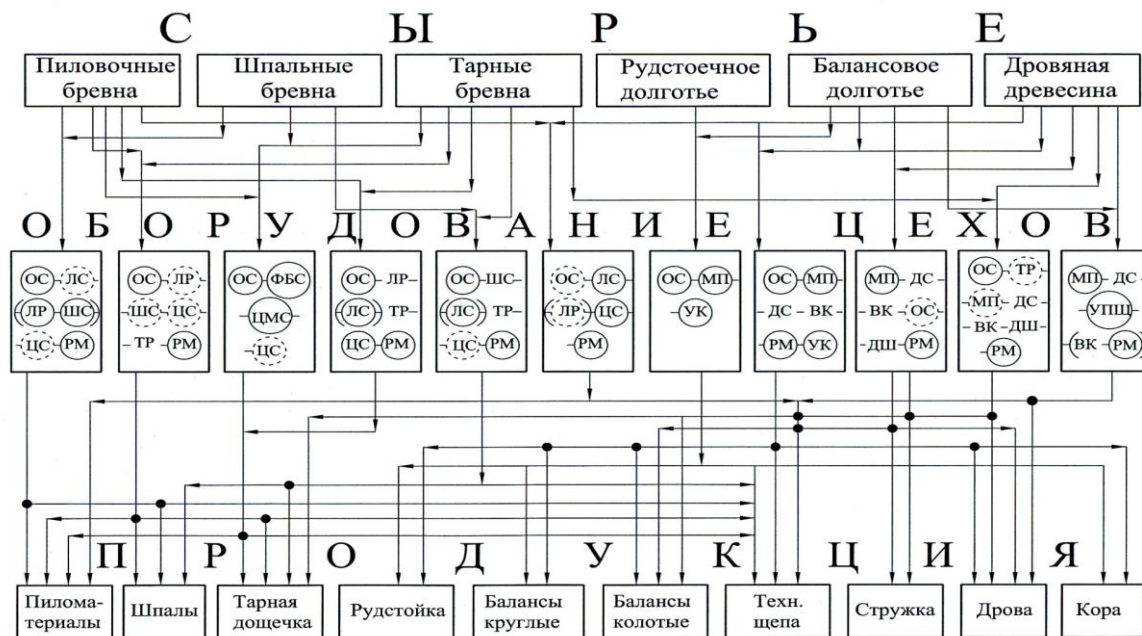


Рис. 4. Варианты обработки древесного сырья в цехах с гибкой компоновкой станков:

ОС – окорочный станок; ЦС – циркульный станок; РМ – рубительная машина; ЛР – лесорама; ЛС – ленточнопильный станок; МП – маятниковая пила; ШС – шпалорезный станок; ТР – тарная рама; ФБС – фрезерно-брусующий станок; ЦМС – циркульный многопильный станок; ДС – древокольный станок; ВК – станок для выколки гнили; ДШ – древошерстный станок; УК – станок для утилизации коры; УПШ – оборудование для переработки короткомерных лесоматериалов на щепу

Примером такого многопоточного цеха может служить цех по обработке пиловочных, балансовых и дровяных брёвен (рис. 6). Обычно такие цехи имеют гибкую транспортную систему для обслуживания деревообрабатывающих станков в виде кранбалок. Маршруты обработки лесоматериалов для данного цеха, представленные в виде графов, могут быть следующими (рис. 7).

С целью устранения перегрузок отдельных станков деревообрабатывающего цеха зачастую возникает необходимость балансировки программы выпуска лесопроизводства за счёт перевода выполняемых операций с одних станков на другие, то есть путём изменения маршрута обработки древесного сырья. Эти изменения маршрутов могут быть осуществлены оперативным управлением производственным процессом цеха по предварительно рассчитанным вариантам.

Оперативное управление предназначено для обеспечения управления технологическими потоками по обработке древесного сырья, разработки оперативных заданий для станков и транспортной системы по согласованию перемещений заготовок в процессе их обработки, выбору маршрутов обработки заготовок.

При автоматизированном производстве системы управления состоят из средств вычислительной

техники (управляющего вычислительного комплекса) со средствами программного обеспечения. Массив данных по маршрутным вариантам обработки древесного сырья в сочетании с параметрами взаимодействующих станков используется для формального описания гибкого деревообрабатывающего процесса цеха.

При проектировании гибких деревообрабатывающих процессов возникает задача определения количества станков, которое может обслуживать транспортное средство. Проведенные исследования показали, что показатели качества функционирования гибкого деревообрабатывающего процесса при простейших потоках лесоматериалов в ряде случаев могут быть получены методами теории массового обслуживания. В процессе производства технологическое оборудование деревообрабатывающего цеха с гибкой компоновкой станков формирует поток заявок на выполнение транспортных операций. Обслуживание заявок (пачек лесоматериалов) выполняется одним или несколькими транспортными средствами. В условиях мелкосерийного, гибкого производства затраты времени на переработку пачек лесоматериалов носят стохастический характер. Проведенные исследования показали, что поток заявок на обслуживание транспортной системой также будет случайным. Установлено, что поток

заявок на обслуживание транспортной системой технологического оборудования деревообрабатывающего цеха обладает свойствами стационарности,

отсутствием последствия и ординарностью, т. е. является простейшим [5, 6, 9].

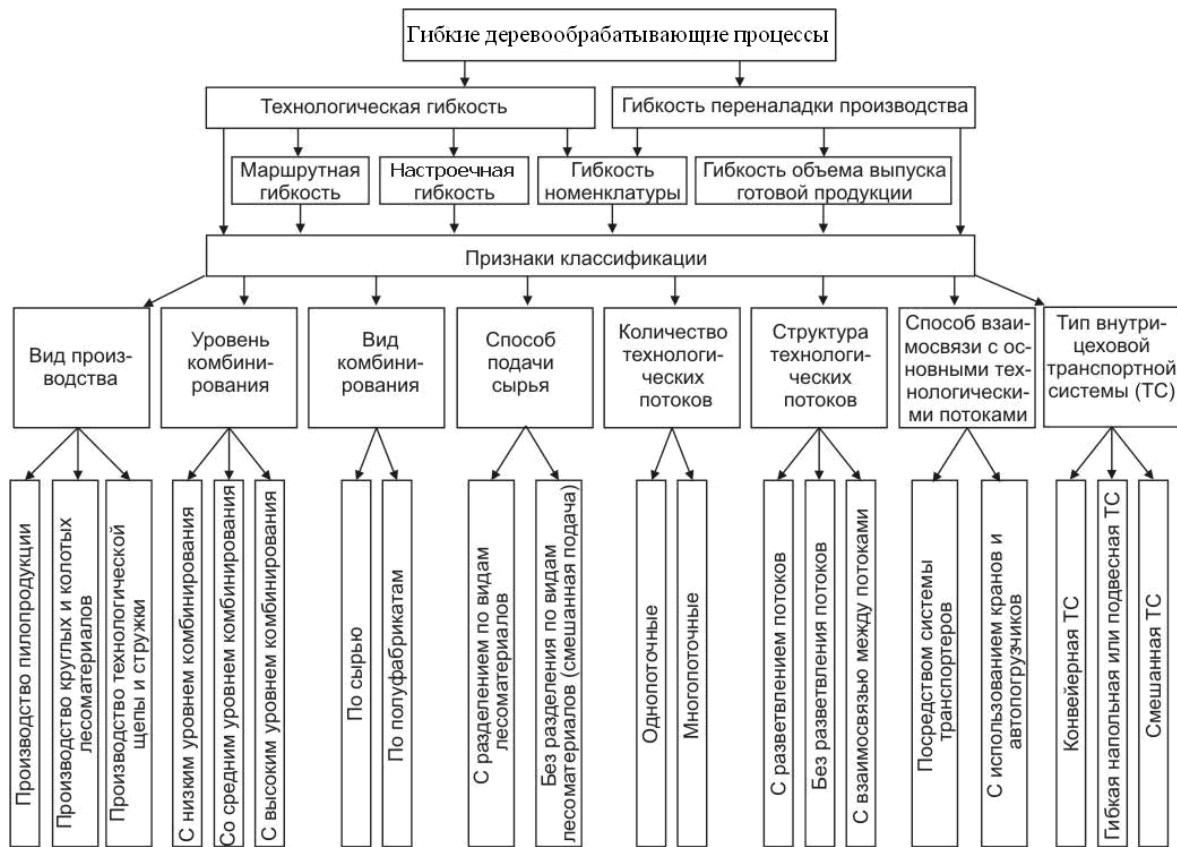


Рис. 5. Классификация гибких деревообрабатывающих процессов

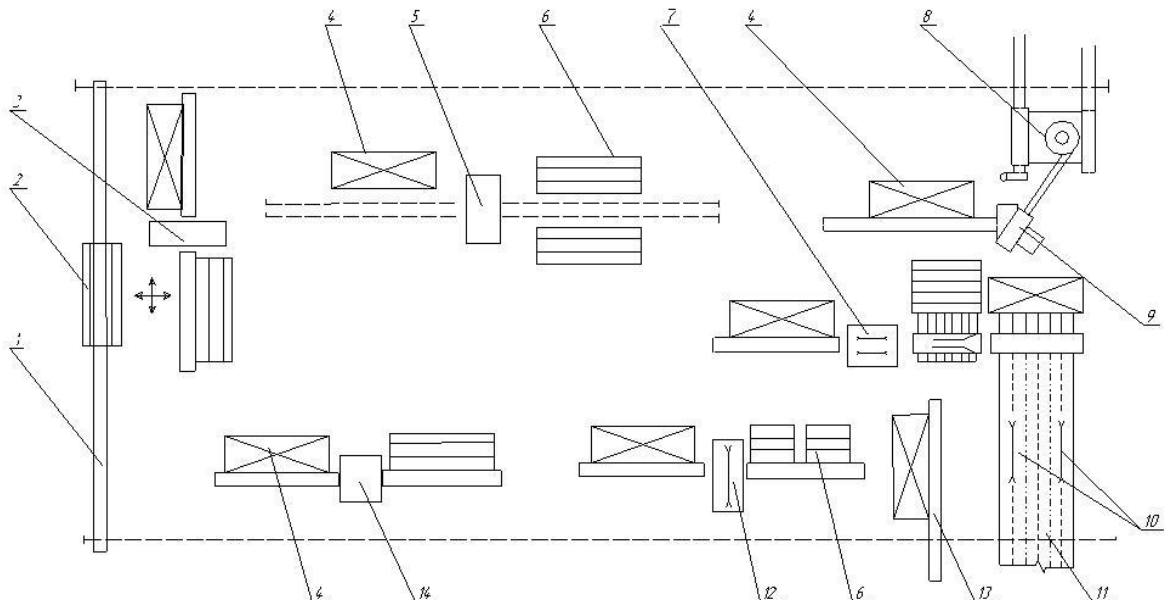


Рис. 6. Схема лесопильно-тарно-щепового цеха:

1 – кран-балка; 2 – пачка лесоматериалов; 3 – окорочный станок; 4 – питатель (разобшитель) для пачек сырья; 5 – лесопильная рама; 6 – лесонакопитель; 7 – обрезающий станок; 8 – сортировочная установка для щепы; 9 – рубильная машина; 10 – торцовочные пилы; 11 – поперечный сортировочный лесотранспортёр для пиломатериалов; 12 – торцовочный станок; 13 – выносной транспортер; 14 – многопильный станок

При простейшем потоке интенсивность поступления λ заявок в систему в единицу времени определяется по формуле [3]:

$$\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j P_j(t), \quad (2)$$

где λ_j – число заявок от j -го станка, поступивших в транспортную систему за время t ; $P_j(\lambda)$ – вероятность поступления заявок за время t ; n – число станков в деревообрабатывающем цехе.

Среднее число заявок λ , поступающих в транспортную систему за единицу времени, определяется производительностью отдельных станков деревообрабатывающего цеха. Для простейшего потока с интенсивностью λ интервал между соседними событиями имеет распределение с плотностью

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} (t > 0). \quad (3)$$

При определении вероятности простоя канала обслуживания (кран-балки) может быть использована следующая зависимость [3, 6]:

$$P_0 = \left[1 + \sum_{n=1}^m \frac{m! p^n}{(m-n)!} \right]^{-1}. \quad (4)$$

где n – число заявок поступающих в систему; m – максимальное число заявок; p – отношение интенсивности поступления заявок на обслуживание к интенсивности обслуживания заявок.

Также можно определить среднее число заявок, находящихся в очереди на обслуживание, среднее число заявок, находящихся в системе, среднее время ожидания заявки в очереди, среднее время ожидания заявки в системе.

Таким образом, показатели качества функционирования деревообрабатывающего процесса с гибкой компоновкой станков при простейших потоках лесоматериалов могут быть получены методами теории массового обслуживания (ТМО). Однако сложная структура технологического процесса цехов, наличие в деревообрабатывающих линиях участков с разветвлением технологического потока, случайный характер параметров перерабатываемых лесоматериалов и продолжительности их переработки на станках, воздействие на систему потока отказов оборудования не позволяют с достаточной точностью и простотой описать аналитически технологический процесс деревообрабатывающего цеха [2, 17]. Поэтому при моделировании данного процесса с целью определения его параметров чаще используется аппарат стохастической имитации.

Таким образом, показатели качества функционирования деревообрабатывающего процесса с гибкой компоновкой станков при простейших потоках лесоматериалов могут быть получены методами теории массового обслуживания (ТМО). Однако сложная структура технологического процесса цехов,

наличие в деревообрабатывающих линиях участков с разветвлением технологического потока, случайный характер параметров перерабатываемых лесоматериалов и продолжительности их переработки на станках, воздействие на систему потока отказов оборудования не позволяют с достаточной точностью и простотой описать аналитически технологический процесс деревообрабатывающего цеха [2, 17]. Поэтому при моделировании данного процесса с целью определения его параметров чаще используется аппарат стохастической имитации.

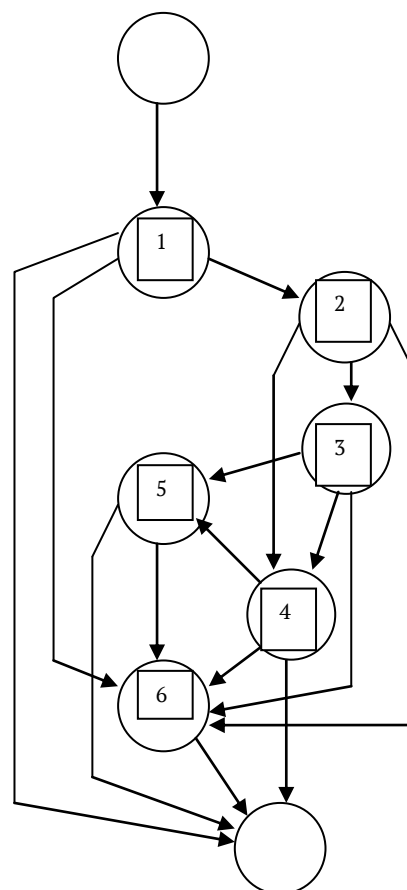


Рис. 7. Технологические маршруты обработки древесного сырья в цехе с гибкой транспортной системой:

1 – окорочный станок; 2 – лесопильная рама; 3 – многопильный станок; 4 – обрезной станок; 5 – торцовый станок; 6 – рубительная машина

В процессе совершенствования деревообрабатывающего производства решаются задачи рациональной компоновки оборудования в цехе, обеспечения станков сырьем и полуфабрикатами, выбора транспортной системы и количества станков и транспортных единиц. При обслуживании нескольких станков одним транспортным средством повышается загрузка этого транспортного механизма, но увеличивается вероятность простоя станков в ожидании обслуживания, если возникает потребность в новом сырье или полуфабрикатах.

Проведенные ранее исследования штабелечно-погрузочных работ на лесных складах [7] показали, что оптимальная загрузка применяемых

подъемно-транспортных машин (ПТМ) находится в пределах от 40% до 60% от их максимально возможной производительности. В противном случае применяемые ПТМ будут оказывать сдерживающее влияние на выполнение технологических операций, что приводит к снижению эффективности функционирования всего технологического процесса переработки древесного сырья. Анализ производственных процессов деревообрабатывающих цехов показал, что запросы от технологического оборудования на обслуживание внутрицеховыми ПТМ можно представить в виде потока заявок на выполнение транспортных операций. В условиях лесозаготовительного производства при значительном варьировании размерных и качественных параметров древесного сырья и полуфабрикатов, затраты времени на их переработку носят случайный характер. Моменты поступления заявок на ПТМ и их количество также являются случайными величинами. Поэтому поток заявок на транспортную систему в целом следует считать случайным.

Необходимо отметить, что станки в технологическом потоке цеха при их гибкой компоновке выполняют операции независимо друг от друга. Передача пачек заготовок от станка к станку осуществляется с помощью ПТМ подвешенного типа. При этом количество заявок поступивших от станков в определенный период времени не зависит от количества заявок, поступивших на транспортную систему до начала этого периода времени. На рис. 8. представлены результаты расчёта коэффициента загрузки подвешной ПТМ (кран-балки) в зависимости от интенсивностей потока заявок μ_n на ПТМ и обслуживания этих заявок μ_0 , а также от количества станков в деревообрабатывающем цехе. Из графика видно, что с ростом интенсивности поступления пачек древесного сырья и количества станков в технологическом потоке, наблюдается рост загрузки применяемого ПТМ. При определенных значениях коэффициент загрузки ПТМ принимает свое максимальное значение и его рост прекращается.

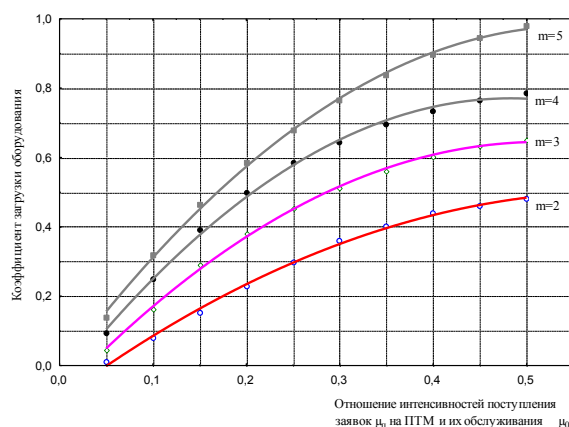


Рис. 8. Влияние количества станков m в технологическом потоке и интенсивностей поступления заявок μ_n на ПТМ и их обслуживания μ_0 на загрузку ПТМ деревообрабатывающего цеха

При дальнейшем увеличении ПТМ будет оказывать сдерживающее влияние на работу деревообрабатывающих станков и потребуются установить дополнительный подъемно-транспортный механизм. Как показывают расчёты, в зоне действия одного ПТМ целесообразно размещать до 4–5 единиц деревообрабатывающего оборудования. Приведенным графиком можно пользоваться как номограммой для определения количества ПТМ деревообрабатывающего цеха.

Выводы: гибкая компоновка станков в технологическом потоке деревообрабатывающего цеха обеспечивает максимальную загрузку применяемого оборудования и позволяет оперативно реагировать на изменения состава обрабатываемого сырья и менять маршруты обработки заготовок в зависимости от требуемой номенклатуры выпускаемой лесопroduкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Российский статистический ежегодник. Стат. сб. – М.: Госкомстат России, 2016. 543 с.
2. Шадрин, А.А. Комбинированные лесообрабатывающие цехи лесозаготовительных предприятий: монография. – М.: МГУЛ, 2006. 160 с.
3. Вентцель, Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. 552 с.
4. Медведев, В.А. Технологические основы гибких производственных систем. – М.: Высшая школа, 2000. 255 с.
5. Блехерман, М.Х. Гибкие производственные системы. – М.: Экономика, 1988. 221 с.
6. Шадрин, А.А. Транспортное обслуживание станков в лесообрабатывающем цехе при гибкой компоновке // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. 2009. №2. С. 106–108.
7. Редькин, А.К. Управление операциями на лесных складах. – М.: Лесная промышленность, 1979. 208 с.
8. Патякин, В.И. Технология и оборудование лесных складов и лесообрабатывающих цехов: учебник / В.И. Патякин, А.К. Редькин, А.А. Шадрин и др. // Под ред. В.И. Патякина. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 384 с.
9. Гоберман, В.А. Технология научных исследований – методы, модели, оценки: учебное. 2 - е изд. / В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. – М.: МГУЛ, 2002. 390 с.
10. Шегельман, И.Р. Комплексный анализ производственно-хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий / И.Р. Шегельман, М.Н. Рудakov, П.Е. Мощевикин. – СПб: ПРОФИКС, 2006. 336 с.
11. Маликов, О.Б. Склады гибких автоматических производств. – М.: Машиностроение, 1986. 187 с.
12. Емельянов, С.В. Управление гибкими производственными системами. Модели и алгоритмы. – М.: Машиностроение – Берлин: Техник, 1987. 366 с.
13. Соломенцев, Ю.М. Управление гибкими производственными системами / Ю.М. Соломенцев, В.Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1988. 352 с.
14. Никифоров, А.Д. Совершенствование проблемы науки в области машиностроения: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2006. 392 с.
15. Dimov, S.S. The technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. - Hard cover, 2003. 214 p.
16. Hartley, J. FMS at Work IST (Publications) Ltd., UK North Holland (a division of Elsevier Science Publishers B.V.) 1984. 165 p.

17. *Froment, B. Productique les techniques de l'usinage flexible / B. Froment, G.-G. Lesage. – Paris: Genie mecanique Dunod, 1984. 120 p.*
18. *Browne, J. Classification of flexible manufacturing systems / J. Browne, D. Dubous, K. Rathamill et al. // The FMS Magasine. 1984. V. 2, N 4. P. 114-117.*
19. *Русецкий, А.М. Автоматизация и управление в технологических комплексах / под общ. ред.*
- А.М. Русецкого; НАН Беларуси, Отд-е физ.-техн. наук, ГНПО «Центр» - Минск: Беларуская навука, 2014. 375 с.*
20. *Hirsch, A. Werkzeugmaschinen Grundlagen: Lehr- und Übungsbuch – Friedr/ Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/ Wiesbaden, 2000. 373 p.*

EQUIPMENT AND TECHNOLOGY OF WOODWORKING FLEXIBLE PROCESSES

© 2017 A.A. Shadrin¹, O.N. Burmistrova², N.N. Kostyukevich¹

¹Bauman Moscow State University (Mytishchi Branch)

²Ukhta State Technical University

Questions of machines flexible configuration in woodworking shops of the logging enterprises are considered. It is established that in woodworking shops with small production volumes and multinomenclature release of a ready wood product application of flexible configuration of machines in technological flows is reasonable. It provides the maximum loading of the used machines and the equipment and allows to change quickly routes of handling of procurements in the shop depending on change of composition of the processed wood raw materials and the nomenclature of the issued wood product. Options of handling of wood raw materials in shops with flexible configuration of machines, and also classification of flexible woodworking processes are shown. Results of calculations the loading of a weight handling equipment when servicing machines are given in the shop.

Key words: *shop, servicing, woodworking, route, loading, machine, equipment*

Anatoliy Shadrin, Doctor of Technical Sciences, Professor.

E-mail: shadrin@mgul.ac.ru

Olga Burmistrova, Doctor of Technical Sciences, Professor.

E-mail: oburmistrova@ugtu.net

Nikolay Kostyukevich, Engineer at the Department. E-mail:

K_mikola@mail.ru