

УДК 65.011.56:674.093

И.И. Иванкин

Иванкин Илья Игоревич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования лесного комплекса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Рассмотрены 20 принципов, которые необходимо учитывать при создании гибких автоматизированных лесопильных линий.

Ключевые слова: принцип, автоматизированные, создание, гибкие автоматизированные лесопильные линии, производственные системы.

Повышение эффективности современного лесопильного производства возможно только с использованием передовых достижений науки, техники и технологий.

Анализ развития лесопильного производства показывает, что гибкие автоматизированные линии наилучшим образом удовлетворяют требованиям высокой производительности и ресурсосбережения. Они решают проблемы конкурентоспособности пилопродукции на мировом рынке, обеспечивают высокую рентабельность производства и его эффективность.

В работах [1, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 20] упоминается о целесообразности и актуальности создания гибких автоматизированных лесопильных линий (ГАЛЛ). За рубежом уже имеется определенный опыт их создания и эксплуатации. ГАЛЛ являются составной частью гибких производственных систем (ГПС) [4], которые считаются одним из приоритетных направлений развития науки и техники. В России ГПС отнесены к критическим технологиям федерального уровня [12].

Под ГАЛЛ понимают совокупность лесопильного и вспомогательного оборудования, работающего под управлением средств вычислительной техники, в условиях поступления пиловочного сырья с разными размерно-качественными характеристиками. При этом получают пиломатериалы требуемой номенклатуры и количества с минимальными затратами сырья, энергии, материалов и трудовых ресурсов. Особенность ГАЛЛ заключается в том, что план и режимы раскрытия пиловочного сырья можно изменять и осуществлять в автоматизированном режиме (с ограниченным участием человека).

ГАЛЛ – это сложная система модульного лесопильного и фрезерного оборудования с устройствами позиционирования; вспомогательного тех-

нологического оборудования; устройств для определения размерно-качественных характеристик поступающего сырья, ориентирования и подачи его к обрабатываемому оборудованию; автоматизированных систем оценки качества получаемых пиломатериалов и систем управления элементами линии.

В настоящее время в передовых странах обозначился переход промышленности от автоматизации отдельных элементов производственного процесса («лоскутная», «островная» или «кусочная» автоматизация) к комплексной автоматизации на всех уровнях производства (компьютеризированное интегрированное производство). Для лесопиления это открывает пути решения сложившегося противоречия между высокой производительностью и рациональным использованием древесного сырья при минимуме переместительных операций. Для решения этой задачи учитывают свойства, которыми должны обладать ГАЛЛ:

- 1) способность к быстрой автоматизированной переналадке на различные виды сырья и продукции;
- 2) наличие оборудования, способного реализовать технологические процессы на основе высокой степени интеграции производства;
- 3) выпуск конкурентоспособной и высокоэкономичной пилопродукции.

Немаловажным является социальный аспект использования ГАЛЛ, как составной части ГПС, которые способствуют решению проблемы улучшения условий труда работающих. Это создает предпосылки для постепенного стирания граней между умственным и физическим трудом, стимулирует повышение профессионального уровня работающих, создает объективные условия для повышения производительности [11].

Проектирование ГАЛЛ требует понимания принципов их создания и эффективного использования. Принципы построения ГПС машиностроительных производств и автоматизированных систем управления (АСУ) известны и приведены в соответствующих источниках [3, 5, 11, 16, 19], но в научной и учебной литературе нет их полного перечня. Кроме того, лесопильная промышленность, в частности ГАЛЛ, имеют свою специфику, поэтому целью статьи является формулирование общих принципов создания ГАЛЛ. Следует отметить, что это должно проводиться в рамках единого методологического подхода, основанного на использовании информационных технологий. Общие принципы этого подхода состоят в следующем.

1. *Принцип системности.* ГАЛЛ, как составная часть лесопильного производства представляет собой сложную производственную систему, состоящую из взаимосвязанных подсистем: технологической, транспортно-складской, управления, контроля и др. Для обеспечения высокой эффективности использования ГАЛЛ необходим системный подход к их созданию. Методология системного подхода требует рассматривать ГАЛЛ не только как самостоятельную систему, но и как подсистему лесопильного производства с учетом всех необходимых внутренних и внешних взаимосвязей.

Например, на состав оборудования ГАЛЛ оказывают влияние объемы распиливаемой древесины, ее размерно-качественные характеристики, требования потребителей, традиции конкретного лесопильного предприятия и др. Применение ГАЛЛ, в свою очередь, приводит к снижению затрат на содержание складов бревен (за счет предельного упрощения операции их сортировки перед распиловкой до 2–4 градаций диаметров или исключения сортировки) и пиломатериалов (вследствие выполнения идентификации и маркировки получаемых пиломатериалов в лесопильном цехе, например, с использованием системы меток, или штрих-кодов, и применением настройки оборудования ГАЛЛ на максимальный спецификационный выход, что уменьшает число одновременно получаемых сечений пиломатериалов при некотором снижении объемного выхода).

Системный подход позволяет находить подобные структуры, свойства и явления, относящиеся к системам из различных областей. Можно провести определенную аналогию между ГАЛЛ и гибкими автоматизированными линиями машиностроительного производства, что способствует переносу накопленного опыта из машиностроения в лесопиление.

2. *Принцип безбумажной информатики.* Он базируется на положениях, сформулированных акад. В.М. Глушковым [2]: автоматизация документооборота, единая информационная база, одноразовый ввод данных, динамическая целостность и др.

При проектировании систем управления ГАЛЛ необходимо создание проблемно-ориентированных автоматизированных баз данных, которые в процессе работы ГАЛЛ находятся в состоянии непрерывного обновления.

Автоматизированные базы данных могут содержать информацию о возможных поставках для определенных групп диаметров бревен; требуемой спецификации получаемых пиломатериалов и их стоимости; объемах переработанной древесины; выходе, номенклатуре, количестве и стоимости полученных пиломатериалов; простоях оборудования; расходе электроэнергии, инструмента и др. Эта информация используется для автоматического программирования и управления технологическим оборудованием ГАЛЛ, а также для решения целого комплекса информационно связанных производственных и экономических задач.

Создание специализированных баз данных необходимо для эффективного управления, при котором один раз введенная информация может многократно использоваться на различных уровнях управления производством.

3. *Принцип гибкости.* В целом понятие «гибкость» можно определить как возможность быстрой реакции на внешние и внутренние «возмущения» [5]:

по заданию извне переходить на выпуск пиломатериалов требуемой номенклатуры и количества;

план раскроя бревен с разными размерно-качественными характеристиками может изменяться и осуществляться в автоматизированном режиме с учетом максимального выхода пиломатериалов.

4. *Принцип совмещения высокой производительности и гибкости.* Производительность ГАЛЛ сравнима по производительности с линиями на основе многопильных (с постоянным поставом пил) лесопильных станков, а по гибкости – с однопильным оборудованием, что открывает большие возможности для интенсификации лесопильного производства.

5. *Принцип адаптации.* В основе адаптивного управления лежит принцип обратной связи с самонастройкой [15, 16]. Согласно этому принципу система управления строится так, что вырабатываемые ей управляющие воздействия в каждый момент времени зависят от производственной обстановки (размерных характеристик распиливаемого бревна, его гидротермического состояния, размеров получаемых пиломатериалов и др.) и состояния оборудования ГАЛЛ (режущий инструмент, скорость подачи, резания и др.).

Источником сигналов обратной связи служат датчики системы управления ГАЛЛ. Информация с этих датчиков непрерывно анализируется. Если качество управления оказывается неудовлетворительным (например размеры получаемых пиломатериалов вышли за границу допуска), то осуществляется настройка системы управления, при этом могут регулироваться скорости подачи и резания, корректироваться позиционирование режущего инструмента, даваться команда на смену режущего инструмента или на остановку линии и др.

6. *Принцип оптимальности.* Важнейшими критериями оптимальности ГАЛЛ являются максимальные выход пиломатериалов (объемный, стоимостный, качественный или спецификационный) и загрузка оборудования, а также минимальная продолжительность производственного цикла.

7. *Принцип эффективности.* Заключается в достижении рационального соотношения между затратами на создание ГАЛЛ и целевыми эффектами, получаемыми при их функционировании.

На практике возможна реализация большого количества вариантов ГАЛЛ [13], различающихся по структуре, типам применяемого лесопильного оборудования, степени автоматизации и др. Для выбора наиболее эффективного варианта для конкретного предприятия с учетом его производственных условий необходимо составить конечное множество возможных вариантов ГАЛЛ и расчет для каждого из них достаточно обоснованного экономического показателя [18] – удельных приведенных затрат S (на 1 м³ пиломатериалов или на 1 руб выручки от реализации продукции):

$$S = \frac{E + aK}{V} \quad \text{или} \quad S = \frac{E + aK}{R},$$

где E – сумма текущих затрат на производство годового объема продукции;

a – коэффициент эффективности капитальных вложений;

K – капитальные вложения, включающие затраты на проектные и монтажные работы;

V – суммарный объем пиломатериалов;

R – выручка от реализации продукции лесопиления.

Вариант ГАЛЛ с наименьшими удельными приведенными затратами будет наиболее эффективным.

8. *Принцип иерархичности.* Методологической основой проектирования системы управления ГАЛЛ является принцип иерархической декомпозиции [16], который предусматривает построение многоуровневой структуры.

Главное достоинство этого принципа заключается в том, что он позволяет свести сложную задачу управления к более простым иерархически связанным задачам. На нижнем уровне управления находятся отдельные приводы, на среднем – гибкие автоматизированные модули, на высшем – ГАЛЛ, цеха и лесопильное предприятие в целом.

Среди задач системы управления ГАЛЛ можно отметить следующие: определение размерно-качественных характеристик сырья; его ориентирование и подача к режущему инструменту; позиционирование модулей на размеры выпиливаемых пиломатериалов; согласование работы элементов линии; диагностика состояния оборудования; обработка аварийных ситуаций.

Проектирование систем управления с позиций принципа иерархической декомпозиции позволяет распараллелить все вышеперечисленные процессы и обеспечить возможность управления ГАЛЛ в реальном времени.

9. *Принцип модульности.* При создании ГАЛЛ необходимо выполнить большой объем работ, поэтому экономически не оправдано их индивидуальное проектирование. Суть принципа модульности заключается в том, что при проектировании ГАЛЛ следует использовать: модульное технологическое оборудование, типовые датчики и линии связи, средства вычислительной техники, программные модули для систем управления и т. п.

6*

В мировой практике машиностроения создано большое число унифицированных модулей для гибких автоматизированных машиностроительных производств [16].

К достоинствам модульного подхода относятся: простота и дешевизна разработки, освоения, эксплуатации и ремонта элементов линий; возможность быстро создавать из типовых модулей различные компоновки ГАЛЛ, а также оперативно заменять отдельные модули более совершенными или вводить новые.

10. *Принцип преимущественной программной настройки.* При поступлении пиловочного сырья с разными размерно-качественными характеристиками оборудование ГАЛЛ в большинстве случаев должно настраиваться на размеры выпиливаемых материалов автоматически с учетом плана раскроя и максимального выхода пиломатериалов. Перенастройка модулей на размеры выпиливаемых материалов с учетом характеристик сырья вручную допустима в минимальных объемах и только в случаях очевидной экономической неэффективности реализации программной настройки.

11. *Принцип интеграции.* Заключается в органическом соединении производственных процессов и автоматизированных систем, их слиянии в единый производственный процесс и единую систему управления [11]. Раз-

витие работ в данном направлении в конце 80-х – начале 90-х годов привело к появлению понятия компьютеризированного интегрированного производства (КИП). Концепция КИП подразумевает новый подход к организации и управлению производством, новизна которого заключается не только в применении компьютерных технологий для автоматизации технологических процессов, но и в создании интегрированной информационной системы предприятия [8]. Предприятие едино, поэтому необходимо, чтобы все его подразделения функционировали в едином информационном пространстве. Информация относится к одному из важнейших ресурсов предприятия. Интеграция систем автоматизации предприятия должна идти в двух направлениях: горизонтальном и вертикальном.

Горизонтальная интеграция подразумевает объединение между собой всех систем автоматизации цехового уровня (автоматизированных систем управления технологическими процессами – АСУТП) в информационную сеть, при этом происходит объединение всего производственного цикла в единую, согласованно действующую систему. Для лесопильных предприятий – это объединение систем автоматизации склада сырья, лесопильного цеха, склада сырых пиломатериалов, цеха сушки, склада готовой продукции, инструментального цеха и др. Главными целями горизонтальной интеграции являются: обеспечение в реальном времени необходимого обмена данными между всеми подразделениями основного и вспомогательного производства, а также организация системы учета и контроля.

Вертикальная интеграция – это объединение автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) и АСУТП для обмена данными. В результате объединения промышленных и офисных сетей администрация предприятия (руководители и главные специалисты) получает доступ к объективной производственной информации (объемы произведенной продукции, расход сырья, загрузка оборудования, простои и т.д.) и имеет возможность оперативно влиять на производственные процессы.

Система управления ГАЛЛ должна соответствовать концепции компьютеризированного интегрированного производства, т.е. удовлетворять требованиям открытости, стандартизации и унификации, масштабируемости и универсальности.

12. *Принцип совместимости.* Он состоит в том, что технические, технологические, информационные, эксплуатационные, энергетические и другие характеристики элементов ГАЛЛ должны обеспечивать их совместное функционирование [11]. Все компоненты ГАЛЛ должны удовлетворять требованиям гибкой автоматизации.

Технологическая совместимость обеспечивает технологическое единство всех элементов ГАЛЛ. Она предусматривает выполнение определенных требований к технологии, основному и вспомогательному оборудованию.

Информационная совместимость подсистем системы управления ГАЛЛ подразумевает их оптимальное взаимодействие при выполнении заданных функций. В условиях постоянного роста стоимости программного

обеспечения АСУ, во все больших пропорциях превышающей стоимость технических средств [16], особое значение приобретает внутренняя и межуровневая программная совместимость.

Эксплуатационная совместимость обеспечивает согласованность показателей работы основного и вспомогательного оборудования ГАЛЛ, его надежности и т.д.

Энергетическая совместимость: при создании ГАЛЛ необходимо стремиться к минимальному количеству используемых видов энергии (электрической, сжатого воздуха и др.).

13. *Процессный подход к планированию работ и этапность их проведения.* Создание и внедрение ГАЛЛ представляет собой большой комплекс научно-исследовательских, проектных, строительных, монтажно-наладочных работ, испытаний, опытную эксплуатацию, а также подготовку и обучение персонала.

Методологической основой планирования работ по созданию и внедрению ГАЛЛ служит сетевое планирование, результатом которого является план-график проведения работ.

14. *Принцип развития.* Необходимо предусматривать в проектных решениях возможности расширения и модификации элементов ГАЛЛ путем доработки технических и программных средств, что предполагает их поэтапное развитие.

15. *Принцип стандартизации и унификации.* Заключается в рациональном применении типовых, унифицированных и стандартизованных элементов при создании и модернизации ГАЛЛ.

16. *Принцип универсальности.* Основан на применении универсального оборудования и программного обеспечения. Создавая ГАЛЛ, необходимо учитывать не только специфику конкретного предприятия, но и возможность их тиражирования на лесопильных предприятиях с различными производственными условиями, что требует разработки универсальных технических решений в области используемого основного и вспомогательного технологического оборудования, систем управления и др. Данный принцип оказывает влияние на затраты по созданию ГАЛЛ и, в конечном итоге, на себестоимость продукции.

17. *Принцип комплексности.* Комплексность подразумевает автоматизацию и связанность систем автоматизации всех подсистем ГАЛЛ (технологическая, транспортно-складская, управления, учета, контроля и др.).

Если пропустить автоматизацию отдельных подсистем ГАЛЛ, то это приведет к снижению эффективности работы линии в целом.

18. *Принцип новых задач.* Прямая автоматизация без компьютерной технологии обработки информации и принятия решений, как правило, не дает существенного положительного эффекта. При создании и внедрении ГАЛЛ необходимо руководствоваться современными методами управления производством. Применение современных средств вычислительной техники и информационных технологий позволяет реализовывать новые способы планирования и управления [7].

19. *Принцип первого руководителя.* Внедрение ГАЛЛ должно осуществляться под контролем первого руководителя предприятия или одного из высших руководителей, так как только первое лицо имеет право и возможность решать или поручать решение любого вопроса, возникающего при внедрении [7].

Основной целью создания ГАЛЛ является повышение эффективности социально-экономического функционирования лесопильного предприятия, поэтому руководить такими работами должен не специалист в какой-то определенной области, а только тот специалист, который может охватить всю проблему, стоящую перед предприятием в целом, глубоко знающий цели и задачи, узкие места в его работе, т.е. первый руководитель [7].

20. *Принцип подготовленности.* Предприятия, на которых будут эксплуатироваться ГАЛЛ должны быть подготовлены к их внедрению. Внедрение ГАЛЛ не даст эффекта в случае, если не будут реализованы все имеющиеся на предприятии резервы, не достигнута высокая культура производства, отсутствуют квалифицированные кадры.

Принцип подготовленности ставит перед высшей школой задачу подготовки специалистов по разработке и эксплуатации ГАЛЛ.

Выводы

Вышеперечисленные принципы нельзя считать абсолютной истиной, а только лишь инструментом, который позволяет подсказать, что необходимо для успешного создания и внедрения ГАЛЛ. Некоторые из этих принципов тесно взаимосвязаны, поэтому провести строгую границу между ними затруднительно.

В рассматриваемой проблеме есть еще много нерешенных научных, технических, технологических, организационных и др. вопросов. Первоочередной задачей является разработка научно-технических основ создания ГАЛЛ, а на их базе – проектирование ГАЛЛ как для реконструируемых, так и для новых лесопильных производств. Если учесть при этом объективно существующее отставание от передовых стран в этой области отечественной науки и техники, то реализация данной идеи требует организации качественного скачка, прорыва по ряду направлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виллистон Э.* Производство пиломатериалов (конструирование и технология на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях) / Э. Виллистон; перевод с англ., под ред. С.М. Хасдана. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 384 с.
2. *Глушков В.М.* Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
3. ГОСТ 24.103–84. Автоматизированные системы управления. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 4 с.
4. ГОСТ 26228–90. Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 11 с.

5. Довбня Н.М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС / Н.М. Довбня, А.Н. Кондратьев, Е.И. Юревич. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1990. – 303 с.
6. Калитеевский Р.Е. Направления научно-технического прогресса в лесопилении / Р.Е. Калитеевский // Лесн. журн. – 1986. – № 6. – С. 51 – 55. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Кнорринг В.И. Теория, практика и искусство управления: учеб. для вузов по спец. «Менеджмент» / В.И. Кнорринг. – 2-е изд., изм. и доп. – М.: НОРМА, 2001. – 528 с.
8. Концепция внедрения CALS в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cals.ru/annotation/concept_R/index.html (17.01.05).
9. Контроль качества в лесопильном производстве: под ред. Т. Броуна; пер. с англ. В.В. Амалицкого – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.
10. Кузнецов В.М. Автоматизация установочных перемещений в деревообрабатывающих станках / В.М. Кузнецов. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 184 с.
11. Медведев В.А. Технологические основы гибких производственных систем: учеб. для машиностроит. спец. вузов / В.А. Медведев [и др.]; под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2000. – 255 с.
12. Приоритетные направления развития науки и техники. Критические технологии федерального уровня. – М.: ЦИСН, 1997. – 11 с.
13. Прокофьев Г.Ф. Гибкие автоматизированные лесопильные линии / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин // Деревообаб. пром-сть. – 2004. – № 6. – С. 15 – 17.
14. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 240 с.
15. Соболев И.В. Статистический контроль качества рамной распиловки / И.В. Соболев. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 104 с.
16. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы / А.В. Тимофеев. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. – 332 с.
17. Турушев В.Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов / В.Г. Турушев. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 208 с.
18. Фергин В.Р. Проблема выбора гибкой технологии лесопиления / В.Р. Фергин // Деревообаб. пром-сть. – 2000. – № 2. – С. 3 – 5.
19. Черпаков Б.И. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы: практ. пособие. В 14 кн. Кн. 10. Гибкие автоматизированные линии массового и крупносерийного производства / Б.И. Черпаков [и др.]; под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высш. шк., 1989. – 112 с.
20. Шатилов Б.А. Лесопиление за рубежом / Б.А. Шатилов. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 96 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 31.05.04.

I.I. Ivankin

Principles of Creating Flexible Automated Saw Lines

Twenty principles to be taken into account when creating flexible automated saw lines are considered.
