

Однако если подготовить исходный материал так, чтобы выполнялось условие $r_i = 42$, $i = 1,5$, то эксперимент можно закончить в шесть раз быстрее, а именно, требуется не 1166, а всего лишь 210 чураков, что и определит план с минимальными затратами при заданной точности исследований.

На рисунке представлены графики зависимостей (3) и (4). Графики позволяют сопоставить число экспериментов N_* с затратами на их проведение и точность измерения параметров. Например, позиция 1 позволяет по заданному минимальному числу измерений в группе условий определить затраты и точность. Позиция 2 по стоимостным ограничениям определяет требуемое число измерений и точность, которую при этом можно обеспечить. Позиция 3 соответственно задает количество измерений и затраты на эксперимент в зависимости от задаваемой точности.

Рассмотренный подход к планированию эксперимента, примененный при исследовании лущильного станка модели 2НВ-66, можно использовать и при изучении другого оборудования в деревообрабатывающей промышленности. Отличием в другом эксперименте может явиться изменение R_n и α в формуле (3), а также совокупность условий (вектор (1)), при которых проводят эксперимент.

Поступила 21 июня 1985 г.

УДК 674.093.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ В ЛЕСОПИЛЕНИИ

Б. И. КОШУНЯЕВ

ЦНИИМОД

Интенсивное использование сырья в лесопилении — важнейшая предпосылка повышения эффективности лесоперерабатывающих производств. На этой основе можно получить максимальный народнохозяйственный эффект от использования пиловочника на всех стадиях: от распределения ресурсов древесного сырья до потребления продукции лесопиления. Наиболее целесообразный путь решения этой проблемы заключается в разработке и реализации экономико-математических моделей.

Структура общей модели интенсивного использования сырья в лесопилении имеет следующий вид.

Целевая функция

$$C = F(x_{111}, \dots, x_{IDZ}) \rightarrow \max; \quad (1)$$

ограничения:

по производственным мощностям лесопиления

$$f_1(x_{111}, \dots, x_{IDZ}) \leq m; \quad (2)$$

по объемам древесины, которые могут быть переданы лесопилению другими лесоперерабатывающими производствами

$$f_2(x_{111}, \dots, x_{IDZ}) \geq b; \quad (3)$$

по размерно-качественному составу поставляемых пиломатериалов

$$\underline{a}_s^t \leq f_3(x_{id}) \leq \bar{a}_s^t; \quad (4)$$

на неотрицательность переменных величин

$$x_{idz}, \dots, x_{iDz} \geq 0; \quad i \in I; \quad d \in D; \quad z \in Z, \quad (5)$$

где x_{idz} — объем сырья d -й размерно-качественной группы, используемого на i -м лесопильном предприятии по z -му варианту его переработки;

m — производственные мощности лесопиления;

b — объем древесины, планируемый к переработке в целлюлозно-бумажном производстве и производстве древесных плит, который может быть передан лесопилению в виде пиловочника;

\underline{a}_s^t и \overline{a}_s^t — границы использования s -й размерно-качественной группы пиломатериалов у t -го потребителя.

Функция цели ориентирована на получение максимального народнохозяйственного эффекта (с учетом транспортного фактора) при использовании сырья в лесопилении.

В связи с большим количеством поставщиков древесного сырья, лесопильных предприятий и потребителей продукции лесопиления, множеством размерно-качественных групп пиловочного сырья и вариантов его переработки, многообразием продукции лесопиления в модели необходимо учитывать чрезвычайно большое число параметров. Решение таких задач связано с рядом принципиальных математических и вычислительных трудностей и практически невозможно в рамках единой экономико-математической модели.

В этом случае наиболее целесообразно использовать метод декомпозиции, т. е. общую проблему интенсивного использования сырья в лесопилении следует представить в виде совокупности взаимосвязанных частей с последующим их решением. Важнейший технологический аспект проблемы — оптимизация соотношений объемов основных видов продукции лесопиления. Именно соотношения пиломатериалов и технологической щепы, вырабатываемых из единицы объема пиловочника, во многом определяют эффективность лесопиления в целом, влияют на выбор лесопильного оборудования, использование пиломатериалов у потребителей, распределение древесного сырья между лесопильным производством и производствами целлюлозы и древесных плит.

Оптимальная величина соотношений объемов основных видов продукции лесопиления формируется под влиянием многих факторов. Главные из них: диаметр бревен, качественный состав распиливаемого сырья, назначение вырабатываемых пиломатериалов, цены на пиломатериалы, технологическую щепу и опилки, стоимость единицы затрат, фондоемкость производства, способ транспортирования и расстояние до потребителей продукции лесопиления. В качестве критерия оптимальности наиболее целесообразно принять показатель приведенного дохода (чистой прибыли), который соизмеряет стоимость реализованной продукции лесопиления с приведенными затратами на ее производство и транспортирование, полученной из единицы сырья.

Между объемным выходом пиломатериалов и выходом других видов продукции лесопиления имеются функциональные зависимости. Поэтому, определив оптимальный объемный выход пиломатериалов, можно установить оптимальные выходы технологической щепы и опилок. Структура модели баланса использования сырья в лесопилении имеет следующий вид.

Целевая функция

$$C = \Phi(x_1, \dots, x_d) \rightarrow \max; \quad (6)$$

ограничения:

по производственным мощностям

$$f_1(x_1, \dots, x_d) \geq b_1; \quad (7)$$

по трудовым ресурсам

$$f_2(x_1, \dots, x_d) \leq b_2; \quad (8)$$

по капиталовложениям

$$f_3(x_1, \dots, x_d) \leq b_3; \quad (9)$$

по пропускной способности транспорта

$$f_4(x_1, \dots, x_d) \leq b_4; \quad (10)$$

на возможные диапазоны изменения переменных

$$x_{d \min} \leq x_d \leq x_{d \max}; \quad d = 1, 2, \dots, D, \quad (11)$$

где x_d — объемный выход пиломатериалов из сырья d -й группы.

Модель баланса использования сырья в лесопилении приведена в одной из наших работ*.

Оптимизация баланса использования пиловочника позволяет обосновать распределение древесного сырья между основными лесоперерабатывающими производствами. Пусть z_{di} — объем сырья d -й группы, используемый по i -му направлению ($i = 1$ — для лесопильного производства; $i = 2$ — для целлюлозно-бумажного; $i = 3$ — для производства древесных плит и т. д.). Модель имеет следующий вид.

Целевая функция

$$C = \sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^m c_{di} z_{di} \rightarrow \max, \quad (12)$$

где c_{di} — оценка эффективности использования сырья d -й группы по i -му направлению;

ограничения:

по мощностям лесопильного производства

$$\sum_{d=1}^D z_{di} \leq N_i; \quad d = 1, 2, \dots, D; \quad (13)$$

по объемам круглых лесоматериалов для целлюлозно-бумажного производства

$$\sum_{d=1}^D z_{d2} - \left(\sum_{d=1}^D \alpha_{d2} z_{d1} + \sum_{d=1}^D \beta_{d2} z_{d1} \right) - \sum_{d=1}^D \gamma_{d2} z_{dm} \leq N_2; \quad (14)$$

$$i = 1, 2, \dots, m;$$

по объемам круглых лесоматериалов для производства древесных плит

$$\sum_{d=1}^D z_{d3} - \left(\sum_{d=1}^D \alpha_{d3} z_{d1} + \sum_{d=1}^D \beta_{d3} z_{d1} \right) - \sum_{d=1}^D \gamma_{d3} z_{dm} \leq N_3; \quad (15)$$

$$i = 1, 2, \dots, m;$$

по ресурсам круглых лесоматериалов для лесоперерабатывающих производств

$$\sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^m z_{di} \leq \sum_{d=1}^D Q_d; \quad (16)$$

на неотрицательность переменных

* Кошуняев Б. И. Оптимизация переработки сырья в лесопилении // Деревооб. пром-сть.— 1984.— № 11.— С. 3—6.

$$z_{di} \geq 0; \quad d = 1, 2, \dots, D; \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (17)$$

Здесь N_1, N_2, N_3 — мощности по переработке древесного сырья соответственно в лесопильном, целлюлозно-бумажном и плитном производствах;

α_{d2} и α_{d3} — удельный выход технологической щепы при использовании в лесопилении d -й группы сырья соответственно для целлюлозно-бумажного производства и производства древесных плит;

β_{d2} и β_{d3} — удельный выход технологических опилок;

γ_{d2} и γ_{d3} — удельный выход технологического сырья при использовании в других лесоперерабатывающих производствах сырья d -й группы соответственно для целлюлозно-бумажного производства и производства древесных плит;

Q_d — объем сырья d -й группы, запланированный лесоперерабатывающим производствам.

Оптимизация соотношений основных видов продукции лесопиления создает предпосылки для специализации предприятий по перерабатываемому сырью. Эта задача может возникнуть при поставке хлыстов в пункты централизованной раскряжевки с последующим распределением сортиментов между отдельными лесопильными предприятиями. Первоначально определяют оптимальную величину объемного выхода пиломатериалов x_{kd} и соответствующие величины удельного приведенного дохода p_{kd} на единицу сырья d -й размерно-качественной группы на каждом из k предприятий.

Затем вычисляют объемы сырья y_{dk} d -й группы, используемые на каждом k -м предприятии, по следующей модели.

Целевая функция

$$C = \sum_{d=1}^D \sum_{k=1}^K p_{dk} y_{dk} \rightarrow \max; \quad (18)$$

$$d = 1, 2, \dots, D; \quad k = 1, 2, \dots, K;$$

ограничения:

по производственным мощностям

$$\sum_{d=1}^D y_{dk} \leq N_k; \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad (19)$$

по запасам сырья

$$\sum_{k=1}^K y_{dk} = Q_d; \quad d = 1, 2, \dots, D; \quad (20)$$

на неотрицательность переменных

$$y_{dk} > 0; \quad d = 1, 2, \dots, D; \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (21)$$

где N_k — производственная мощность лесопильных предприятий;

Q_d — объем пиловочного сырья, используемый в плановом периоде.

Оптимизация баланса использования пиловочного сырья создает предпосылки для обоснования технологии и оборудования лесопильного производства.

Технологический процесс лесопиления условно можно разделить на три фазы: приемка и подготовка сырья к распиловке, формирование сечений пиломатериалов и обработка, хранение и отгрузка пиломатериалов. Выбор лесопильного оборудования следует проводить с учетом специфических особенностей каждой фазы. На участке приемки и подготовки сырья к распиловке необходимо минимизировать затраты живого и овеществленного труда, а требования к интенсивному использованию сырья должны задаваться в виде соответствующих технологических ограничений. При формировании сечений пиломатериалов необходимо сопоставлять стоимость планируемой к производству продукции с затратами на ее производство и транспортирование. Наконец, на участках обработки пиломатериалов для оценки конкурирующих типов машин целесообразно использовать приведенные затраты, величина которых зависит от среднего объема досок, а следовательно, и от объемного выхода пиломатериалов.

Поэтому если известна оптимальная величина объемного выхода пиломатериалов, то выбор оборудования для формирования сечений и обработки пиломатериалов может осуществляться на основе сравнения приведенных затрат, получаемых при использовании конкурирующих типов оборудования по всем участкам лесопильного производства. Искомое число единиц оборудования u_{id} i -го вида для переработки d -й группы сырья может быть найдено по следующей модели.

Функция цели

$$C = \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D b_{id} u_{id} \rightarrow \min, \quad (22)$$

где b_{id} — оценка эффективности применения i -го вида оборудования для переработки сырья d -й группы;

ограничения:

по производительности оборудования

$$\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D Q_{id} u_{id} \geq \sum_{d=1}^D Q_d; \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad (23)$$

по трудозатратам

$$\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D Q_{id} t_{id} u_{id} \leq T; \quad d = 1, 2, \dots, D; \quad (24)$$

по капитальным вложениям

$$\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D Q_{id} k_{id} u_{id} \leq K; \quad (25)$$

по энергозатратам

$$\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D Q_{id} e_{id} u_{id} \leq E; \quad (26)$$

на целочисленность решения

$$u_{id} = 1, 2, 3, \dots \quad (27)$$

Здесь Q_{id} — объем сырья d -й группы, перерабатываемый i -м оборудованием;

t_{id} — время обработки единицы объема сырья d -й группы на i -м оборудовании;

T — общий фонд рабочего времени;

- k_{id} — удельные капиталовложения на переработку сырья d -й группы на i -м оборудовании;
 K — выделенные в плановом периоде капитальные вложения;
 e_{id} — удельные энергозатраты на переработку сырья d -й группы на i -м оборудовании;
 E — выделенные в плановом периоде энергоресурсы.

Комплекс моделей интенсивного использования сырья в лесопиленнии обеспечивает оптимизацию баланса использования сырья на стадии проектирования производственных мощностей и для действующих предприятий, выбор эффективных направлений использования сырья на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях, специализацию предприятий по диаметрам перерабатываемого сырья. Математические модели и методы их реализации являются тем современным научным инструментом, который позволяет достаточно быстро и достоверно оценить последствия принимаемых решений относительно ресурсов и предполагаемой эффективности. Принципиально важно и то, что в условиях нашей страны при значительных территориальных различиях основных лесопромышленных регионов формализованный метод и ЭВМ обеспечивают дифференцированный подход к оценке возможных направлений использования в лесопиленнии дорогостоящего древесного сырья.

Поступила 10 апреля 1986 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.023.1

РАЗДЕЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ
КИСЛОЙ ФРАКЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ОТБЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Т. А. ТУМАНОВА, В. А. ЧАСОВЕННАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

При изучении отработанных отбельных растворов, отложений, снятых с оборудования отбельных цехов, возникает необходимость в анализе кислот жирного ряда, ароматических, оксикислот.

В литературе встречаются методики разделения и идентификации химических групп органической природы черных щелоков [2—4], но не сказано о разделении и анализе групп, выделенных из отработанных отбельных растворов.

В данной работе приведены результаты по разработке методики разделения и идентификации жирных кислот, двухосновных кислот.

Методика разделения основана на различной адсорбционной способности кислот по отношению к сорбентам. Был применен проточный метод хроматографирования смеси. Разделение фракции, выделенной из отбельных растворов, осуществляли методом адсорбционной колоночной хроматографии, идентификацию — методом тонкослойной хроматографии. С этой целью получены значения R_f для индивидуальных кислот и сравнены с литературными данными (табл. 1).

Приборы и реактивы: Хроматографическая колонка — стеклянная трубка (диаметром 10 мм, высотой 30...40 мм) — в нижней части заполнена стеклянной ватой. Колонку заполняли силикагелем марки L 100/160 «мокрым способом».

Растворители: хлороформ, н-бутанол, этанол, кристаллический йод, индикатор — бромкрезоловый зеленый в 96 %-ном растворе этилового спирта. Пластинки «Silufol».

Методика анализа. Навеску смеси кислот (0,05...0,20 г) растворяли в хлороформе. Объем растворителя брали минимальным (5...10 мл).

Растворенную пробу заливали в подготовленную хроматографическую колонку. После впитывания слоя раствора в силикагель индивидуальные кислоты вымывали смесью растворителей — хлороформ (X) : н-бутанол (Б) при соотношении X : Б как 5 : 95, 10 : 90, 20 : 80, 30 : 70, 50 : 50, 80 : 20, 90 : 10.

Пробы отбирали по 5 мл и титровали 0,02 н. раствором едкого натра в присутствии индикатора (бромкрезоловый пурпурный) [1]. Скорость вытекания жидкости из колонки — 0,5 мл/мин. По данным титрования строили хроматограмму, по которой качественно и количественно определяли содержание кислот в смеси.

Идентификацию осуществляли методом тонкослойной хроматографии на пластинках «Silufol». Система растворителей — спирт : вода : 25 %-ный аммиак (100 : 12 : 16). Проявление пластин проводили в парах йода по величине R_f (эту величину сравнивали с R_f для индивидуальных двухосновных кислот) [5].

В табл. 2 приведены результаты разделения дикарбоновых кислот из искусственной смеси по прилагаемой методике.

Таблица 1
Значения R_f для дикарбоновых кислот

Кислота	Численные значения $R_f \cdot 100$ для кислоты	
	Опытные данные	Литературные данные
Щавелевая	0	5
Фумаровая	50	Нет
Малоновая	20	15
Малеиновая	25	Нет
Глутаровая	40	39
Янтарная	30	28
Адипиновая	75	45

* R_f — отношение расстояния центра пятна от точки старта к расстоянию фронта растворителя от старта.