

## Экспертная система для решения проблем производства топливных брикетов

М. И. КУЛАК, канд. физ.-мат. наук, М. К. ЯКОВЛЕВ, Т. А. ЛОБАНОВА,  
Л. С. СУСЛОВА — Белорусский технологический институт имени С. М. Кирова

Брикетирование древесных отходов как одно из направлений комплексной переработки древесного сырья по безотходным технологиям на деревообрабатывающих предприятиях постоянно находится в поле зрения разработчиков технологий [1, 2] и производителей [3]. Вместе с тем необходимо отметить, что накапливающиеся вопросы порождают время от времени дискуссии, находящие отражение в отраслевой печати.

Одним из таких вопросов являются снижение рентабельности производства брикетов в условиях постоянного повышения цен на основное технологическое оборудование и, как противовес этому, дифференциация оптовых цен на брикеты вследствие повышения их качества [2].

Опыт предприятий, организовавших производство брикетов, в частности мебельного комбината «Вильнюс», показывает, что необходимо постоянно уделять внимание контролю положения на рынке сбыта, оценке экономической деятельности цехов, консультациям и оказанию технической помощи заинтересованным в изготовлении брикетов организациям и специалистам [3].

На многие из возникающих вопросов ответ может быть найден благодаря новым подходам и к использованию новых технических средств в области проектирования и управления производственными процессами в рамках направления информатики, известного под названием «искусственный интеллект». Это направление имеет ряд разделов, из которых для решения очерченного круга практических вопросов наиболее подходят экспертные системы и интеллектуальные системы моделирования.

Необходимо отметить, что возможность применения указанных методов в деревообрабатывающей промышленности в настоящее время активно обсуждается. В качестве примера можно привести работу [4], в которой разбираются общие принципы построения таких экспертных систем.

Сотрудниками проблемной научно-исследовательской лаборатории комплексной переработки древесного сырья Белорусского технологического института разработана экспертная система анализа состава отходов и планирования технологии брикетирования. Система предназначена для определения приоритетов при организации производства из вторичного древесного сырья технологических и топливных брикетов, а также конструктивных материалов. Данная система позволяет получить экспертные оценки технологических процессов брикетирования древесных отходов деревообрабатывающих производств, рекомендации по

составу оборудования и экономической эффективности планируемого производства, дополнительную информацию справочного характера. Система помогает выбрать оптимальные схемы технологического процесса в зависимости от имеющихся объемов и вида отходов, а также от рынка сбыта.

К достоинствам экспертной системы относится также то, что она функционирует на ПЭВМ ЕС 1840/41 и других IBM-подобных моделях с минимальной конфигурацией под управлением операционной системы Альфа-ДОС (MS DOS). Она требует для работы как минимум 256 Кбайт оперативной памяти. При построении системы были учтены существующие в настоящее время подходы, решения, а также накопленный разработчиками опыт, в том числе экспертных оценок, в области создания технологий брикетирования древесных отходов, торфа, угля. Приведем некоторые принципиальные соображения.

При назначении видов продукции из вторичного древесного сырья, исходя из экспертной оценки существующих технологий и возможностей, было принято и реализовано в системе при объеме образующихся отходов до 1 тыс. м<sup>3</sup> целесообразным организовывать производство технологических брикетов с последующей их передачей для окончательной переработки в места концентрации больших объемов отходов либо организовывать производство других видов продукции. Проработки и опыт существующих предприятий [3] показывают, что при объеме отходов более 10 тыс. м<sup>3</sup> производство топливных брикетов рентабельно. Таким образом, объемы отходов от 1 тыс. м<sup>3</sup> до 10 тыс. м<sup>3</sup> являются «переходными», т. е. они позволяют применять варианты технологических процессов, при которых возможны рентабельные производства. Вариантов множество, для их подбора необходима экспертная система, с помощью которой можно выбрать оптимальные схемы технологического процесса в зависимости от имеющихся объемов и видов отходов.

Как правило, на предприятии образуются отходы нескольких видов. При проведении экспертизы по определению технологии система исходит из конкретных условий заказчика. При этом учитывается вид отходов (опилки, стружка, щепа, рейки, горбыль, кора), их размеры и влажность. Часть отходов может использоваться для производства товаров народного потребления. Другая часть (или же все отходы) перерабатывается путем брикетирования. Если есть возможность использовать все виды отходов, то выбирают такую технологию, которая содержит максимальный набор операций. Например,

если имеются влажные опилки и горбыль, то для переработки опилок, необходимы операции накопления, подачи, сортировки, сушки, прессования, а для переработки горбылей — накопление, подача, измельчение, сортировка, доизмельчение, сушка, прессование. Видно, что технология по переработке горбылей включает в себя все операции, необходимые для производства брикетов из опилок. Что касается переработки коры, то назначается технология, необходимая для переработки горбылей или реек и достаточная по отношению к опилкам, стружке, щепе.

Ключевой информацией при подборе оборудования является название технологической операции, для реализации которой его выбирают. При назначении конкретных типов учитывают дополнительную информацию, специфическую для каждого вида оборудования.

Прессы — основное оборудование в производстве брикетов. При их выборе система запрашивает на естественном языке информацию об объемах отходов, необходимом качестве брикетов, предполагаемом рынке их сбыта (внутренний, внешний). Подобным образом построен диалог и при назначении остальных видов оборудования. В результате экспертизы система сообщает вид оборудования и его характеристике: тип, марку, производительность, мощность, габаритные размеры, массу, стоимость, фирму или предприятие-изготовитель и их реквизиты. С этой целью к системе подключена достаточно полная база данных по отечественному и импортному оборудованию для подготовки и брикетирования вторичного древесного сырья.

Необходимо отметить, что, хотя при построении системы использовалась стандартная архитектура экспертных систем, ее возможности расширены. Это позволяет подключать блоки не только для экспертной оценки, но и для других видов анализа. Так, определяя экономическую эффективность, используют не экспертные оценки, а технико-экономические расчеты по принятым в отрасли методикам [5]. В результате экспертизы определяются себестоимость 1 т брикетов, затраты на приобретение оборудования, общие капитальные вложения, годовая экономия и срок окупаемости.

Экспертная система рассчитана на использование не только профессиональными программистами (например, в виде блока более мощной САПР), но и пользователями, имеющими минимальный опыт работы с ПЭВМ, а также производителями, технологами, конструкторами-разработчиками проектов цехов и участков по переработке вторичного древесного сырья (поскольку диалог ведется на естественном

языке). Это подтверждено опытом эксплуатации системы.

Система обладает очень широкими возможностями, поэтому направления и эффективность ее использования во многом зависят от предприимчивости потребителя. В качестве примера можно привести пару сценариев экспертизы, которые далеко не исчерпывают всех ее возможностей. Так, при проектировании технологии инженер-разработчик просматривает одновременно два-три ее варианта. На сбор информации, конструкторскую компоновку и оценку экономической эффективности вариантов требуется в среднем две-три недели. При использовании экспертной системы для просмотра одного варианта в полном объеме (вплоть до срока окупаемости) необходимо 3—5 мин, т. е. обеспечиваются качественный уровень проектирования, возможность реализовать поиск оптимальных вариантов, учесть специфику условий производства и особенности в постановке задачи.

При эксплуатации системы в условиях реального производства основным ее достоинством становятся оперативность и объективность экспертизы, возможность гибко реагировать на изменения рынка сбыта, в поступлении или наличии сырья, использовании производственных мощностей. Изменяется и стиль решения организационных вопросов, нет необходимости созывать совещание специалистов, ставить им задачу, организовывать исполнение, ждать результатов. «Консультант», который аккумулировал в наиболее полном виде имеющиеся по данной проблеме информацию и опыт, — у вас на столе и в любой момент готов приступить к решению проблемы.

Таким образом, создана экспертная система, которая позволяет быстро и с минимальными затратами решать широкий круг задач, избавляет от рутинной работы и расчетов в области брикетирования древесного сырья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изготовление брикетов из опилок и коры. Экспресс-инф. Механическая обработка древесины. Отечественный производственный опыт. — М.: ВНИПИЭИ-леспром, 1987. — Вып. 10. — С. 23—29.
2. Соловьев А. М., Говоров А. И. Пересмотреть цены на топливные брикеты // Деревообработ. пром-сть. — 1990. — № 3. — С. 21—22.
3. Шюшинкас А. А. Кому продавать топливные брикеты? // Деревообработ. пром-сть. — 1990. — № 4. — С. 43.
4. Барашко О. Г. Экспертные системы: возможности применения в деревообрабатывающей промышленности // Деревообработ. пром-сть. — 1989. — № 7. — С. 16—18.
5. Методика определения экономической эффективности использования в лесопильной, деревообрабатывающей, фанерной и мебельной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М.: ЦНИИМОД, 1980. — 92 с.

УДК 681.3

## Анализ работы тепловой схемы деревообрабатывающего предприятия

В. М. ШЕСТАКОВ, канд. техн. наук — Белорусский технологический институт имени С. М. Кирова

Тепловая схема предприятия по изготовлению ДСП включает в себя несколько основных элементов. В котлоагрегате вырабатывается пар давлением 3,5—4 МПа и температурой 435—450 °С. Пар поступает на главную турбину, на одном валу которой находится электрогенератор, вырабатывающий около  $N=750$  кВт мощности. Из первого отбора турбины пар давлением 0,5 МПа отпускается внешним потребителям энергии (на технологические и отопительно-вентиляционные нужды). Возврат конденсата этого пара составляет до 85 % всего направляемого потребителям пара. Из первого же отбора пара питаются подогреватель высокого давления (ПВД) и второй подогреватель сырой воды (ПСВ-2).

Тепло непрерывной продувки используется в первом подогревателе сырой воды (ПСВ-1). Потери воды при продувке котлов, а также расход пара на собственные нужды и невозвращаемая часть конденсата возмещаются химически очищенной водой (система ХВО). Пар второго отбора турбины давлением 0,18 МПа обеспечивает температуру подогрева питательной воды после деаэратора  $T_8=104$  °С. Пар третьего отбора турбины с давлением около 0,05 МПа используется для подогрева основного потока конденсата в подогревателе низкого давления (ПНД).

Перед подачей воды в котлоагрегат питательная вода последовательно подогревается в эжекторном подогревателе (ЭП), ПНД, деаэраторе и ПВД. Температура такой воды после ПВД составляет  $T=146$  °С. Питание эжекторов осуществляется паром из главной паровой магистрали.

Через постоянно действующую РОУ пар, температура которого достигает 250 °С, отпускается потребителям под давлением 1,7 МПа в количестве  $D1=3$  т/ч. Количество возвращаемого при этом конденсата составляет третью часть.

Питательный насос имеет турбопривод, работающий на свежем паре из главной паровой магистрали. Расход пара на эжектор  $D_6$  равен 0,045 т/ч, внутростанционные потери  $D_8$  составляют 0,05  $D_6$  (здесь  $D_6$  — полезная производительность котлов).

Все обозначения параметров по тексту описания тепловой

схемы, формулировки задачи и алгоритма ее решения приведены с учетом аналогичных обозначений в программе для ЭВМ. Ниже приводится подробный алгоритм, что исключает необходимость приводить программу (тем более, что пользователь может ее составить с учетом особенностей собственного производства). В программе значения расходов даны в кг/с; энтальпии — в кДж/кг; температуры — в °С; давления — в кН/м<sup>2</sup>; плотности — в кг/м<sup>3</sup>; КПД — в долях единицы.

**Формулировка задачи.** В описанной тепловой схеме определить: расходы пара  $D_3$  и воды  $D_2$  на РОУ; расход продувочной воды  $D_7$ ; расходы пара из отборов турбины ( $M_1$  — первый отбор, в том числе на тепловое потребление  $G_1$  и для подогрева  $G_2$  сырой воды в ПСВ-2, то же — питательной воды  $G_3$  в ПВД;  $M_2$  — второй отбор для питания деаэратора;  $M_3$  — третий отбор для подогрева конденсата в ПНД;  $M_4$  — поток пара на конденсатор); общий расход пара на главную турбину  $D$ ; расход питательной воды  $D_9$  (после деаэратора); расход добавочной химически очищенной воды  $G$ ; расход сырой воды  $W_1$ ; температуру сырой воды  $T_3$  после ПСВ-1 (один из главных критериев проверки правильности составления тепловых и материальных балансов схемы энергообеспечения); тепловые потоки отборов пара и проверка баланса мощности главной турбины; тепловые потоки на отопление  $Q_1$  и технологические нужды  $Q_2$ ; КПД теплоэнергетической установки деревообрабатывающего предприятия.

1. Уравнение материального баланса РОУ:

$$D1 = D2 + D3, \quad (1)$$

где  $D_1$  — расход пара, отпускаемый потребителю через РОУ;

$D_2$  — расход воды из питательной линии;

$D_3$  — расход пара из главной паровой магистрали.

Уравнение теплового баланса РОУ:

$$D_1 \cdot I_1 = (D_2 T_C + D_3 I) \cdot K_1, \quad (2)$$

где  $I_1, I$  — энтальпия отпускаемого и свежего пара;