

# Теплотехнические и технологические аспекты совершенствования продуктового отделения свеклосахарного завода

**К.О. ШТАНГЕЕВ**, канд. техн. наук, доцент (e-mail: shko50@i.ua)

**К.Д. СКОРИК**, канд. техн. наук, профессор

**Н.И. ШТАНГЕЕВА**, д-р техн. наук, профессор

Институт последипломного образования Национального университета пищевых технологий (г. Киев)

## Введение

Продуктовое отделение сахарного завода занимает особое место в технологическом процессе производства сахара. Здесь реализуются технико-экономические и качественные показатели производства. При этом продуктивное отделение является потребителем наибольшего количества пара на технологические нужды завода. Набор энергосберегающих мероприятий для него достаточно широк, причём их особенность заключается в том, что, имея теплотехнический характер, они тесно связаны с технологическими показателями – выходом и качеством сахара.

С продуктовым отделением связана основная часть вод I категории сахарного завода, что в значительной мере обуславливает потребление свежей воды из природных источников и сброс загрязнённых вод сахарного производства.

## Цель работы

Авторы предлагают рассмотреть в общем порядке основные направления совершенствования работы продуктового отделения с последующим более детальным их исследованием.

## Влияние концентрации сиропа и выхода сахара из утфеля

Наиболее весомый фактор экономии пара – повышение концентрации сиропа и клеровки (рис. 1). При повышении концентрации сиропа расход пара для уваривания утфеля I кристаллизации существенно уменьшается, увеличивая общий расход пара на продуктивное отделение. Но при повышении концентрации сиропа с клеровкой возникают проблемы увари-

вания утфеля без применения водяных или соковых подкачек для растворения «муки». Это приводит к тому, что расход пара на уваривание утфеля с ростом концентрации сиропа с клеровкой с определённой величины уже не снижается, а иногда может даже возрастать, т. е. имеет место некая предельная концентрация.

Величина такой предельной концентрации сиропа с клеровкой индивидуальна для каждого завода и зависит как от технических параметров – конструкции вакуум-аппаратов, уровня их автоматизации, так и от человеческого фактора – образования и квалификации аппаратчиков, их умения и заинтересованности

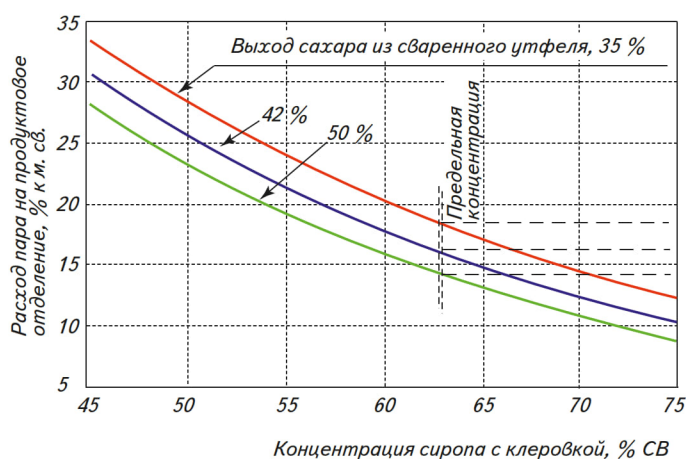


Рис. 1. Расход пара на потребителей продуктового отделения (в % к м. св.) в зависимости от концентрации сиропа с клеровкой и выхода сахара из сваренного утфеля I кристаллизации

варить утфель из сиропов повышенной концентрации. В пределе она не может превышать концентрацию насыщенного сахарного раствора, так как возникает опасность кристаллизации сахарозы в сборниках или трубопроводах.

Для заводов, на которых установлены вакуум-аппараты с естественной циркуляцией утфеля, но процесс варки не автоматизирован на должном уровне, предельная концентрация сиропа находится в пределах 62–65 % СВ. Для сахарных заводов с более современной технической базой предельная концентрация сиропа может достигать 75–78 % СВ. При концентрации сиропа выше 68–70 % СВ возникают проблемы с его фильтрацией, что требует внедрения фильтров новейших типов и передовой технологии фильтрования, а также совершенствования техники и технологии уваривания и обработки утфелей. Всё это требует довольно значительных капиталовложений, но технологическая эффективность – увеличение выхода сахара и повышение его качества, а также экономия топливно-энергетических ресурсов обеспечивают окупаемость таких расходов.

Увеличение концентрации сиропа и клеровки с 55 до 65 % СВ уменьшает расход пара на технологические нужды порядка на 6,5 % к м. св. (см. рис. 1), что эквивалентно расходу топлива на производство электрической энергии или обжиг известняка. При достижении концентраций сиропа, близких к предельным, необходимо расширять энергосберегающие мероприятия, которые создают потенциал экономии пара. Одновременно нужно проводить компенсирующие мероприятия, что позволит повысить их эффективность за счёт полной реализации создаваемого ими потенциала экономии.

В продуктовом отделении значительный эффект по экономии ТЭР может быть получен также благодаря организационно-техническим мероприятиям по повышению выхода сахара из сваренного утфеля (рис. 2). В условиях отечественных сахарных заводов его величина составляет 33–52 % к массе сваренного утфеля. Причём, как следует из приведённого графика, повышение выхода сахара из сваренного утфеля с 35 до 50 % по теплотехнической эффективности эквивалентно увеличению концентрации сиропа на 6–7 % СВ.

Важно подчеркнуть, что мероприятия по повышению выхода сахара из сваренного утфеля одновременно уменьшают как содержание сахарозы в мелассе (см. рис. 2б), так и расход пара на уваривание утфелей в продуктовом отделении, т. е. они являются и технологическими, и теплотехническими.

Пункты 1 и 2 (см. рис. 2) рассмотрены выше и общеизвестны. Пункт 3 связан с организационно-тех-

ническими мероприятиями, автоматизацией производственных процессов и уровнем производственной дисциплины. Следует иметь в виду, что ввод в продуктовое отделение 1 т воды потребует в дальнейшем дополнительного расхода пара для её испарения в количестве не менее 1,1 т и соответствующего увеличения расхода охлаждающей воды на ВКУ. Упрощённо можно полагать, что эти параметры (п. 1–3) не влияют на выход сахара, т. е. не связаны с потерями в мелассе.

Однако остальные параметры (п. 4–8) имеют прямую взаимосвязь с технологическими и теплотехническими показателями. Особенно важны концентрация готового утфеля и доброкачественность (чистота) сиропа. Первый показатель больше влияет на теплотехнические показатели, а второй – на выход сахара.

В основе совершенствования технологических и теплотехнических процессов в продуктовом отделе-

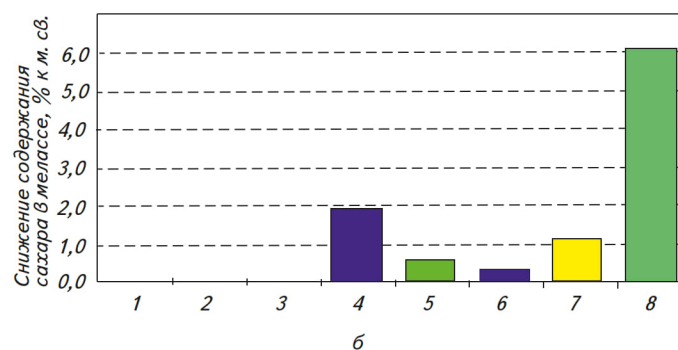
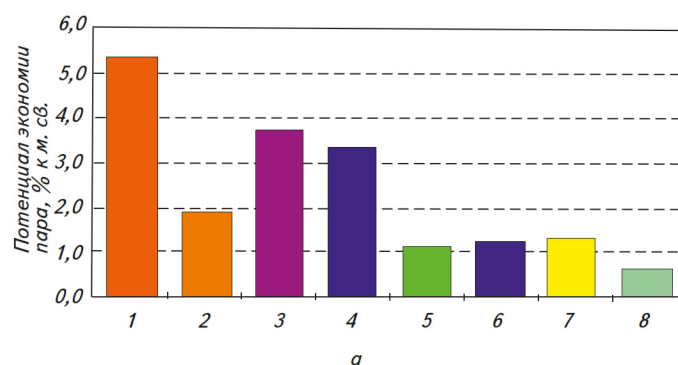


Рис. 2. Потенциал экономии расхода пара в продуктовом отделении (а) и уменьшение содержания сахарозы в мелассе (б): 1 – повышение концентрации сиропа (с 55 до 65 % СВ); 2 – повышение концентрации клеровки (с 55 до 65 % СВ); 3 – ликвидация водяных или соковых раскаток; 4 – повышение плотности сваренного утфеля I кристаллизации; 5 – уменьшение температуры варки утфеля; 6 – отвод пропарки вакуум-аппаратов; 7 – уменьшение расхода воды на пробелку сахара; 8 – повышение чистоты сиропа

нии лежит интенсификация процесса кристаллизации сахара за счёт механического или гидродинамического усиления циркуляции. При определённых условиях усиление циркуляции утфеля позволяет использовать греющий пар для уваривания утфелей более низкого потенциала, снижать соковые или водяные раскочки утфеля, улучшать кристаллоструктуру белого сахара и сокращать время варки [2, 3].

В продуктовом отделении имеются также значительные резервы по использованию вторичных источников теплоты – это теплота утфельного пара и теплота конденсатов. Поскольку утфельный пар имеет низкую температуру (55–60 °С), он пригоден лишь для нагрева продуктов с низкой начальной температурой. Наиболее широко он применяется для нагрева диффузионного сока при обеспечении низкой температуры откачки. Теплоту конденсата можно использовать для нагрева сиропа и оттоков в продуктовом отделении, а также для нагрева воздуха в сушке сахара.

Поскольку сироп и оттоки имеют высокую вязкость, применение для их нагрева в продуктовом отделении теплообменников с «маннесмановскими» теплообменными трубками (трубы Ø 30/33мм) неэффективно, более интенсивный теплообмен достигается в пластинчатых теплообменниках. Кроме того, учитывая значительную неравномерность потока (оттоков), следует практиковать рециркуляцию продукта.

Применение конденсатов в качестве теплоносителя в продуктовом отделении позволяет снизить расход пара на технологические нужды сахарного завода на 1,5–2 % к м. св. (эквивалентно уменьшению удельных расходов газа на 1,3–1,7 м<sup>3</sup>/т свёклы).

Вакуум-аппараты I кристаллизации являются потребителем наибольшего количества пара из выпарной установки. Наши сахарные заводы оснащены вакуум-аппаратами периодического действия с очень неравномерным потреблением пара, которое на протяжении цикла варки может изменяться в четыре-пять раз. Это приводит к значительному возмущению работы всех корпусов выпарной установки и нарушениям в работе теплового хозяйства сахарного завода в целом. Включение в работу вакуум-аппаратов может спровоцировать подачу воды в сборник сока перед выпарной установкой с соответствующими перерасходами пара на сгущение сока.

### Непрерывная варка утфеля

В связи с вышесказанным представляется перспективным использование вакуум-аппаратов непрерывного действия.

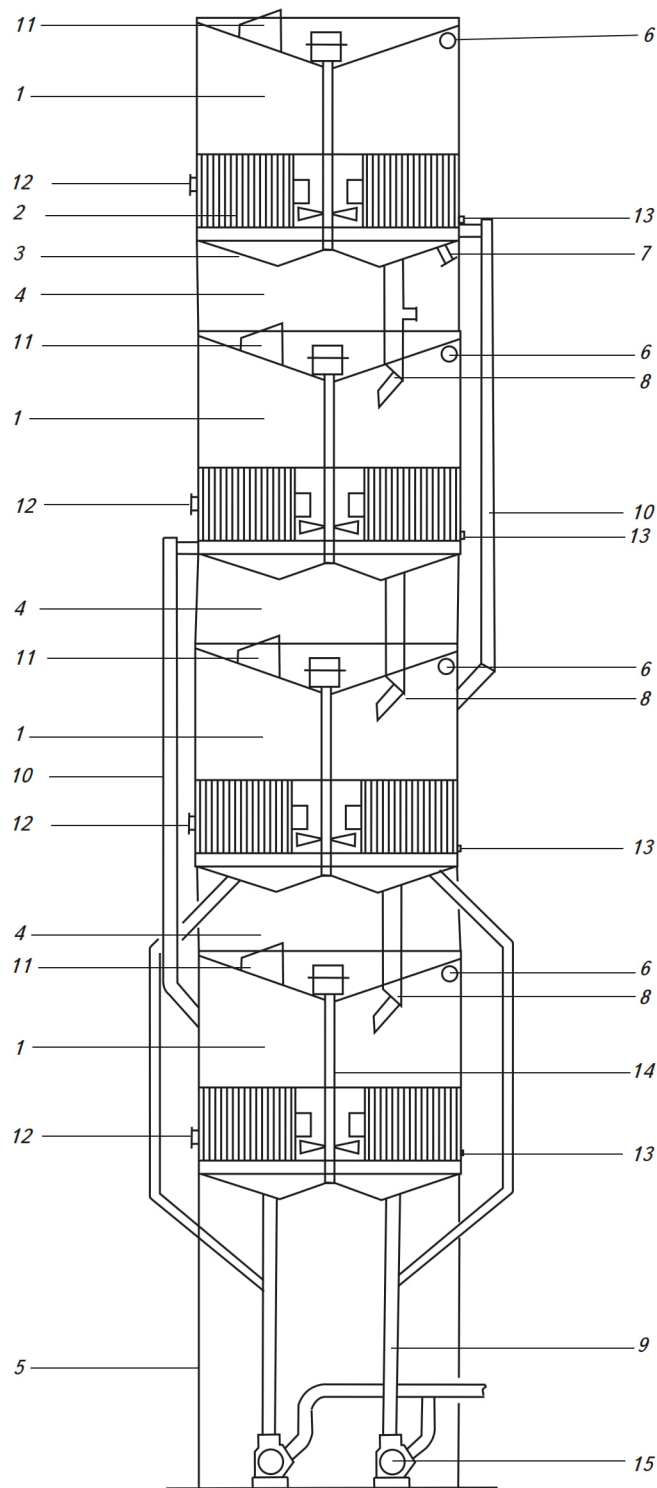


Рис. 3. Вакуум-аппарат непрерывного действия типа VKT: 1 – паровое пространство; 2 – тепловая камера; 3 – промежуточные днища; 4 – промежуточная секция; 5 – нижняя секция; 6 – подача сиропа; 7 – подача маточного утфеля; 8 – переток утфеля; 9 – спуск утфеля; 10 – байпас; 11 – выход утфельного пара; 12 – греющий пар; 13 – конденсат; 14 – циркуляторы; 15 – утфельные насосы

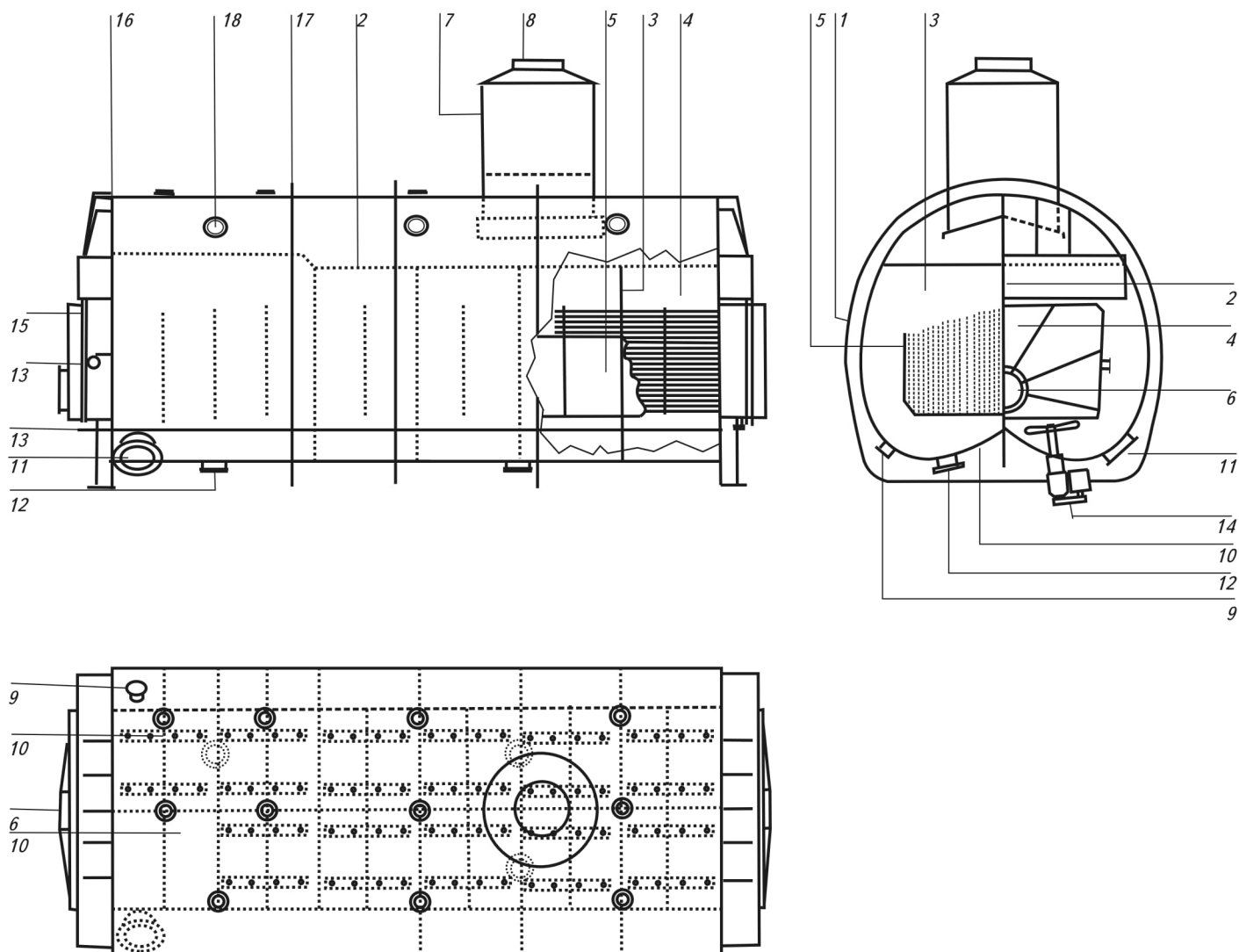


Рис. 4. Вакуум-аппарат непрерывного действия фирмы «Фив-Кай» (Франция): 1 – корпус; 2 – продольные перегородки; 3 – поперечные перегородки; 4 – пучок труб; 5 – щит; 6 – вход греющего пара; 7 – сепаратор вторичного (ульфельного) пара; 8 – выход ульфельного пара; 9 – подача маточного ульфеля; 10 – подкачка сиропом; 11 – выход ульфеля; 12 – конденсат; 13, 14 – циркуляторы; 15 – паровая камера; 16 – боковая стенка; 17 – рёбра жесткости; 18 – смотровые окна

Исследования в этой области проводились в Киевском технологическом институте пищевой промышленности (КТИПП, ныне НУПТ), Всесоюзном научно-исследовательском институте сахарной промышленности (ВНИИСП), Московском государственном университете пищевых производств (МТИПП) и других организациях. Вакуум-аппараты непрерывного действия различного типа находят достаточно широкое применение на ряде зарубежных сахарных заводов (рис. 3 и 4) [4], имеется опыт работы с ними на предприятиях в Лисках и Ольховатке

(Российская Федерация), планируется их внедрение ещё на некоторых заводах Беларуси и Российской Федерации.

Внедрение вакуум-аппаратов непрерывного действия позволяет стабилизировать работу всей тепловой схемы сахарного завода, а также ликвидировать негативное влияние рывков потребления пара в ТЭЦ.

Французской фирмой «Фив-Кай» выполнено сравнение эффективности вакуум-аппаратов непрерывного действия (ВАНД) и вакуум-аппаратов перио-

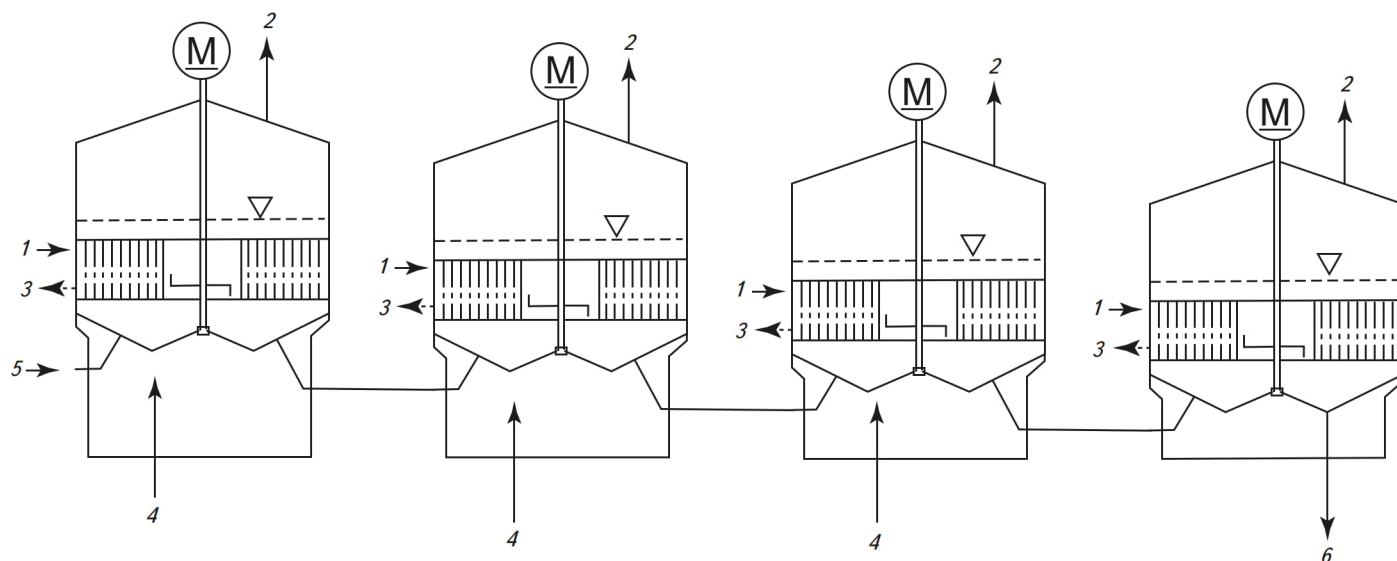


Рис. 5. Каскад вакуум-аппаратов периодического действия в качестве вакуум-аппарата непрерывного действия: 1 – греющий пар; 2 – уфельный пар; 3 – конденсат; 4 – подкачки; 5 – маточный уфель

дического действия (ВАПД) в условиях сахарного завода по переработке сахарного тростника производительностью 12 тыс. т/сутки. По рекламным данным фирмы итоги представлены в таблице.

Имеется также опыт организации процесса непрерывного уваривания уфеля (II и III продуктов) в каскаде вакуум-аппаратов периодического действия (рис. 5). Такой вариант реконструкции вполне возможен в существующих продуктовых отделениях сахарных заводов. Непрерывная варка и поддержание более низких уровней уфеля в вакуум-аппаратах обеспечивают улучшение теплотехнических показателей.

#### Дополнительная вакуумная кристаллизация

Дальнейшее уменьшение расхода пара на технологические нужды продуктового отделения возможно путём дополнительной вакуумной кристаллиза-

ции уфеля. Суть её заключается в использовании физической теплоты сваренного уфеля и теплоты кристаллизации сахара (рис. 6). При реализации этого процесса происходит кристаллизация как за счёт испарения части воды, так и за счёт эффективного охлаждения уфеля, прежде всего межкристалльного раствора. Благодаря этому достигается существенное повышение выхода сахара из сваренного уфеля I кристаллизации и уменьшение расхода греющего пара на процесс уваривания в целом по отделению.

В данном случае сваренный уфель поступает из вакуум-аппарата в вакуумную мешалку, в которой постепенно (по секциям) повышается разрежение и происходит охлаждение уфеля вследствие самоиспарения из него воды. Исследования, проведённые на Яготинском экспериментальном сахарном заводе, показали, что этот метод позволяет на 5–7 процентных пунктов увеличить выход кристаллов из сваренного уфеля и на 10–15 % снизить расход пара на уваривание уфеля первой кристаллизации.

#### Выводы

Таким образом, в продуктовом отделении сахарного завода имеются значительные резервы для повышения технологического уровня и теплотехнического совершенствования производства сахара. Ряд мероприятий уже получил широкое распространение в сахарной отрасли, но значительное количество разработок, которые ещё не внедрены, могут быть весьма перспективными в применении.

#### Сравнительная характеристика вакуум-аппаратов

Показатель	ВАНД	ВАПД	Разница, %
Масса оборудования, т	712	1 087	–34
Потребление электроэнергии, кВт·ч	8 172	8 574	–5
Расход пара, кг/т тростника	365	400	–9

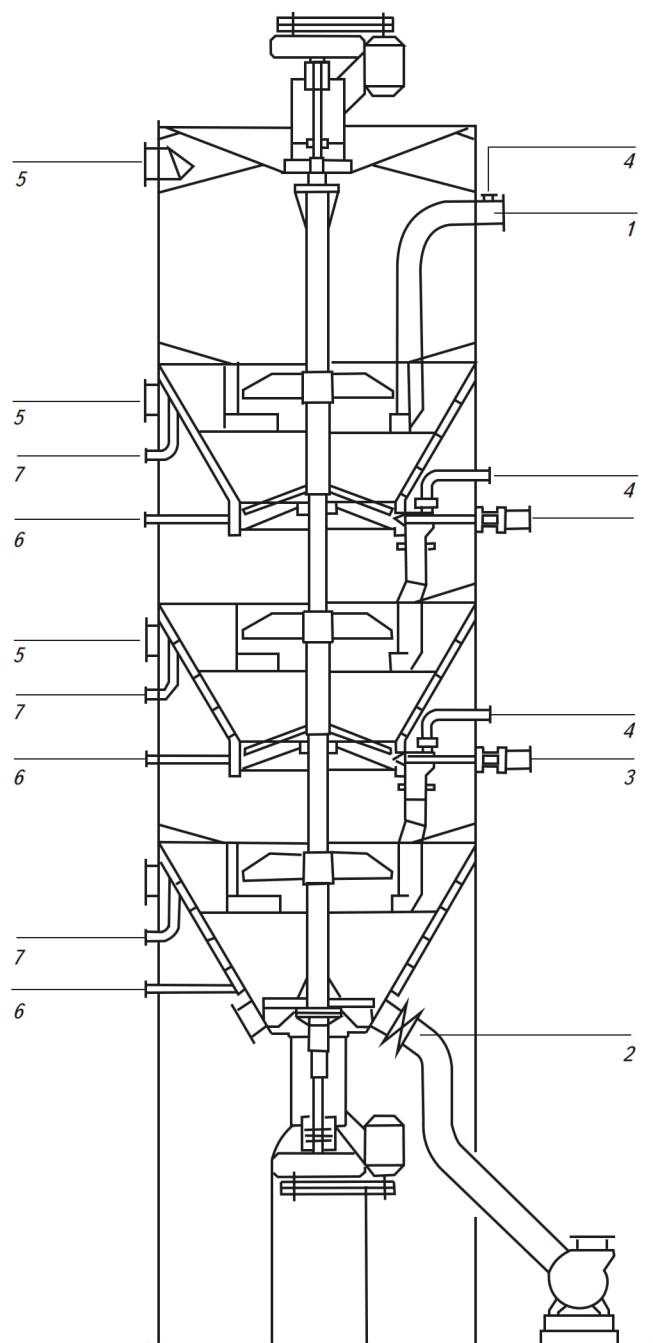


Рис. 6. Аппарат для дополнительной вакуумной кристаллизации типа МЕТ: 1 – подача утфеля с вакуум-аппаратов; 2 – выход обработанного утфеля; 3 – клапаны перепуска утфеля; 4 – подкачка сиропом или оттоками; 5 – выход пара самоиспарения; 6, 7 – подача и выход охлаждающей воды

В целом для технологических и теплотехнических аспектов продуктового отделения необходимы взвешенные решения в следующих направлениях:

- получение качественного высококонцентрированного сиропа;
- эффективные методы уваривания и обработки утфелей;
- проблемы непрерывной варки утфелей;
- новые технические решения по совершенствованию оборудования и схем продуктового отделения;
- влияние новых технических решений на баланс вод I категории.

Список литературы

1. Штангеев, К.О. Раціоналізація теплового господарства цукрових заводів / К.О. Штангеев. – Київ : ІПДО НУХТ, 2006. – 86 с.
2. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Ч. 2 / В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий [и др.]. – Киев : Цукор України, 2004. – 320 с.
3. Скорик, К.Д. Промислова кристалізація цукру : навч. посібник / К.Д. Скорик. – Київ : ТОВ «Сталь», 2004. – 202 с.
4. Van der Poel, P.W. Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture / P.W. van der Poel, H. Schiweck, T. Schwartz. – Berlin : 1998. – 1097 p.

**Аннотация.** Рассмотрены основные аспекты работы продуктового отделения сахарного завода: влияние концентрации сиропа и клеровки, выхода сахара из сваренного утфеля на теплотехнические и технологические показатели. Кратко изложены основные направления совершенствования техники и технологии в отделении кристаллизации.

**Ключевые слова:** сахарное производство, продуктивное отделение, расход пара на технологические нужды, выход сахара.

**Summary.** The main aspects of operation in sugar house of a sugar factory are considered: influence of thick juice and sugar melt concentration, the yield of sugar from the boiled massecuite on the heat engineering and technological indices. The main directions are briefly presented of improving technique and technology in the crystallization department.

**Keywords:** sugar production, sugar house, steam consumption for technological needs, sugar yield.

