

# Влияние технического уровня сахарного завода на количество конденсатов

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

А.И. СОРОКИН, ст. преподаватель

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

## Постановка проблемы

Данные о количестве конденсатов, образовавшихся в свеклосахарном производстве, имеют большое значение при определении их расходов на технологические процессы и использование их теплоты, а также на водопотребление и водоотведение в производстве сахара. Количество конденсатов, образующееся в производстве, зависит от основных параметров технологического и теплотехнического процессов.

В настоящее время в сахарной отрасли интенсивно внедряются новые технологии, направленные на повышение эффективности производства, снижение расхода топлива и уменьшение потерь сахара в производстве. К таким технологиям следует отнести диффузионно-прессовый метод получения диффузионного сока, который даёт возможность значительно снизить величину откачки диффузионного сока и потери сахара в диффузионном процессе, повысить качество диффузионного сока и производительность завода по переработке сахарной свёклы. К технологиям, которые позволяют также снизить расход теплоты в производстве, следует отнести уваривание utfелей из высококонцентрированных сиропов с применением вакуум-аппаратов, оснащённых механическими циркуляторами.

Конденсаты, образующиеся в производстве, можно разделить на две части. Первая из них повторно используется в производстве, а вторая — это конденсаты, которые теряются при выводе из завода, они поступают в оборотную систему вод 1-й категории главного корпуса или непосредственно в водоём при прямом водоснабжении сахарного завода.

Для типовой технологии [1], которая применялась на наших сахарных заводах ранее, нормативная величина откачки диффузионного сока составляла 120 % к массе свёклы, а концентрация сухих веществ (СВ) после выпарной установки — 65 % СВ. Конденсат, образовавшийся при сгущении сока в выпарной установке, может использоваться повторно в технологических процессах, а конденсат utfельного пара (вторичного пара из вакуум-аппаратов), который образовался в вакуум-конденсационной установке, выводился с завода в смеси со свежей или оборот-

ной водой. При применении конденсаторов смешения использовать его повторно в технологических процессах невозможно, за исключением небольшой части конденсата, идущего в смеси со свежей технической водой (так называемой барометрической водой) на питание диффузионной установки. Пример распределения конденсатов приведён в работе [2].

**Цель исследования:** определить тенденции влияния совершенствования технологического и теплотехнического процессов на количество конденсатов.

## Метод исследования

Исследование проведено с применением математической модели энерготехнологического комплекса свеклосахарного завода. Рассмотрены три варианта схем.

Вариант А — базовая схема с техническим уровнем заводов 80–90-х гг. XX в. и типичными основными технологическими и теплотехническими показателями по [1, 3].

Вариант Б — условная схема, в которой основные технологические показатели тождественны варианту А, а теплотехнические показатели, прежде всего по работе выпарной установки, максимально приближены к лучшим современным отечественным показателям.

Вариант В — схема с наиболее эффективными на сегодняшний день решениями по технологии и энергопотреблению свеклосахарного завода [4, 5].

## Основные результаты исследования

В табл. 1 приведены исходные данные показателей свекловичной стружки на свеклосахарных заводах при различном техническом уровне производства. Для вариантов А и Б технологические показатели свекловичной стружки идентичны. Для варианта В они несколько изменены, учитывая, что в последнее время используются семена сахарной свёклы западноевропейской селекции и применяются более совершенные технологии возделывания. Сахарная свёкла этой селекции содержит меньше клетчатки, так как у неё более тонкие стенки клеток. Благодаря этому она имеет более высокий соковый коэффициент, но при

**Таблица 1. Показатели свекловичной стружки**

Показатель	Вариант		
	А	Б	В
Количество стружки, % к м. св.	100	100	100
Сахаристость, %	17,5	17,5	17,5
Содержание клетчатки, % к м. св.	4	4	3,5
Чистота нормального сока, %	86	86	88
Несахара нормального сока, %	2,85	2,85	2,39
Связанная вода, % к м. св.	3	3	3
Соковый коэффициент, %	93	93	93,5
СВ нормального сока, %	20,35	20,35	19,89
Количество воды в стружке, % к м. св.	72,65	72,65	73,61

этом хуже сохраняется, сильнее травмируется и даёт меньший выход сушёного жома.

В табл. 2 представлены расчётные показатели работы диффузионных установок для свеклосахарных заводов с различным техническим уровнем производства. Из данных таблицы следует, что балансы диффузионных установок рассчитывались с использованием методик, изложенных в [6, 7]. Для вариантов А и Б питание диффузионных установок предполагалось только барометрической водой, для варианта В – только жомопрессовой водой и избыточными (аммиачными) конденсатами. Также уменьшена откачка диффузионного сока до 105 %, и за счёт лучшего качества свёклы и снижения откачки чистота сока возрастает на 2 процентных пункта.

В табл. 3 приведены данные по питательной воде, которая используется в диффузионном процессе в зависимости от технического уровня сахарного завода.

**Таблица 2. Основные параметры работы диффузионной установки**

Показатель	Вариант		
	А	Б	В
Откачка диффузионного сока, % к м. св.	120	120	105
Содержание сахара в жоме, % к м. св.	0,35	0,35	0,35
Неучтённые потери сахара, % к м. св.	0,1	0,1	0,1
Эффект очистки на диффузии, %	15	15	15
Сахар в диффузионном соке, % к м. св.	17,05	17,05	17,05
Несахара диффузионного сока, % к м. св.	2,42	2,42	2,03
Сухие вещества в соке, % к м. св.	19,47	19,47	19,08
СВ диффузионного сока, %	16,23	16,23	18,17
Чистота диффузионного сока, %	87,56	87,56	89,37
Количество воды в диффузионном соке, % к м. св.	100,53	100,53	85,92

**Таблица 3. Вид и количество питательной воды для диффузионных установок сахарных заводов различного технического уровня производства**

Показатель, % к м. св.	Вариант		
	А	Б	В
Всего питательной воды	105	105	90
Барометрическая вода	105	105	0,00
Конденсаты (аммиачная вода)	0	0	33,83
Жомопрессовая вода	0,00	0,00	56,17

Вариант В отличается не только уменьшением количества питательной воды, но и её источниками (конденсаты и жомопрессовая вода). Барометрическая вода не используется для питания диффузионных установок.

В табл. 4 представлены расчётные показатели при очистке диффузионного сока, которые выполнялись для типовой схемы с холодной (тёплой) прогрессивной предварительной дефекацией. Расчёты выполнены для вариантов А и Б по [1], для варианта В – с учётом уменьшения расхода СаО на очистку, использования промоек для гашения извести и применения сатураторов с высокими коэффициентами использования СО<sub>2</sub>. Из данных таблицы видно, что за счёт уменьшения откачки получается диффузионный сок более высокой чистоты и более высокой концентрации по содержанию СВ, что является одной из составляющих снижения расхода извести на очистку.

Использование камерных фильтров и технологии гашения извести промоями снижает разбавление сока водой при очистке, что весьма существенно влияет на сокращение расхода топлива в свеклосахарном производстве.

Известно, что основным показателем тепловой эффективности выпарной установки является кратность испарения, т. е. отношение количества выпаренной воды к количеству пара, подаваемого в первый корпус. Для варианта А предполагалось распределение пароотборов в соответствии с [3] и кратностью испарения выпарной установки на уровне 2.

Для варианта Б предполагалось внедрение более совершенных теплотехнических решений с переносом пароотборов на последние корпуса выпарной установки и глубоким использованием теплоты конденсатов и уфельного пара. Подобные мероприятия предусматривались и для варианта В. Кроме того, для варианта В предусматривалась работа на высококонцентрированных сиропах. Для обоих вариантов кратность испарения выпарных установок составляла 3,5.

Как видно из данных табл. 5, внедрение широкого комплекса теплотехнических мероприятий позволяет уменьшить потребление пара на технологические нужды производства с 54,95 до 32,43 % к м. св.,

**Таблица 4. Показатели эффективности очистки диффузионного сока по типовой схеме для заводов различного технического уровня**

Показатель	Вариант		
	А	Б	В
Эффект очистки, %	35	35	35
Расход СаО, % к м. св.	2,5	2,5	1,8
Плотность известкового молока, г/мл	1,18	1,18	1,18
Активность известкового молока, %	90	90	90
Расход известкового молока, % к м. св.	14,48	14,48	10,42
Количество воды в известковом молоке, % к м. св.	11,98	11,98	8,62
Вода на промыв осадка, % к м. св.	16,30	16,30	4,68
Потери воды на I сатурации, % к м. св.	1,53	1,53	1,08
Потери воды на II сатурации, % к м. св.	0,36	0,36	0,35
Удалено несхаров, % к м. св.	0,85	0,85	0,71
Потери воды в вакуум-фильтрах, % к м. св.	0,2	0,2	0
Количество осадка в сухих веществах, % к м. св.	3,35	3,35	2,51
Вода в осадке, % к м. св.	3,35	3,35	1,51
Промой в сок, % к м. св.	10,04	10,04	0,00
Потери сахара при очистке, % к м. св.	0,1	0,1	0,1
Всего сухих веществ в очищенном соке, % к м. св.	18,52	18,52	18,27
Вода в очищенном соке, % к м. св.	120,46	120,46	93,11
Расход очищенного сока, % к м. св.	138,98	138,98	111,38
СВ очищенного сока, %	13,33	13,33	16,40
Чистота очищенного сока, %	91,50	91,50	92,78

**Таблица 5. Тепловая эффективность испарительных установок в зависимости от технического уровня свеклосахарного производства**

Показатель	Вариант		
	А	Б	В
Кратность испарения ВУ	2	3,5	3,5
СВ сиропа, %	65	65	72
Выпарено воды в ВУ, % к м. св.	105,09	105,09	82,89
Расход пара из ТЭЦ на ВУ, % к м. св.	52,55	30,03	23,68
Расход пара на нагрев сока до кипения, % к м. св.	2,40	2,40	1,92
Всего пара из ТЭЦ на технологические нужды, % к м. св.	54,95	32,43	25,61
Расход пара на конденсатор из ВУ, % к м. св.	1,5	1,5	0,5
Всего конденсата, % к м. св.	158,54	136,02	108,0
Возврат конденсата в ТЭЦ, % к м. св.	60,44	35,67	28,17

т. е. в 1,7 раза. Однако тепловая эффективность выпарных установок в зависимости от технического уровня производства наиболее высокая в варианте В. При одинаковой с вариантом Б кратности испарения достигается снижение расхода пара на технологические нужды ещё в 1,27 раза, а по сравнению с вариантом А снижение расхода пара из ТЭЦ достигает 2,15 раза.

Показатели продуктового отделения рассчитывались исходя из трёхпродуктовой схемы с централизованным клерованием жёлтого сахара II и III кристаллизаций очищенным соком. Результаты расчётов основных показателей работы продуктового отделений сахарных заводов различного технического уровня приведены в табл. 6. Из данных таблицы видно, что показатели работы продуктового отделения сахарного завода с высоким техническим уровнем экономически более привлекательны, чем показатели работы продуктового отделения сахарных заводов, технический уровень которых не соответствует современным требованиям. Так, расход пара в вакуум-конденсационную установку для продуктового отделения сахарного завода с высоким техническим уровнем (вариант В) составляет 11,34 % к массе свёклы, тогда как для сахарных заводов со старым техническим уровнем этот показатель достигает 16,47 % к массе свёклы, т. е. потери тепловой энергии с этим паром для

**Таблица 6. Показатели работы продуктового отделения в зависимости от технического уровня свеклосахарного производства**

Показатель	Вариант		
	А	Б	В
Чистота мелассы, %	57	57	57
Сахар в мелассе, % к м. св.	2,76	2,76	2,31
СВ мелассы, %	83,00	83,00	83,00
Выход мелассы, % к м. св.	5,22	5,22	4,38
Потери сахара в продуктовом отделении, % к м. св.	0,05	0,05	0,05
Выход сахара, % к м. св.	14,14	14,14	14,59
Жёлтый сахар II и III кристаллизаций, % к м. св.	8,00	8,00	8,00
Расход сока на клерование ЖС, % к м. св.	4,80	4,80	3,45
Расход сока на раскочки ВА, % к м. св.	1,98	1,98	0,58
Вода на пробелку сахара, % к м. св.	0,60	0,60	0,62
Пропарка вакуум-аппаратов, % к м. св.	1,00	1,00	1,00
Вода в сиропе, % к м. св.	9,49	9,49	6,85
Вода в соке в продуктовое отделение, % к м. св.	5,88	5,88	3,37
Расход пара на ВКУ, % к м. св.	16,47	16,47	11,34
Расход пара на прочие нужды продуктового отделения, % к м. св.	1,4	1,4	1,4

заводов с высоким техническим уровнем на 5,13 % к массе свёклы ниже (в 1,45 раза).

Общий баланс конденсатов вторичного пара для сахарных заводов технического уровня по вариантам А, Б и В представлен в табл. 7.

### Выводы

Совершенствование сферы теплоиспользования позволяет существенно уменьшить расход пара на технологические нужды (вариант Б по сравнению с вариантом А), но при этом общее количество избыточных конденсатов практически не меняется. Количество конденсатов (аммиачной воды), которые сбрасываются в оборотную систему вод I-й категории главного корпуса, также остаётся высоким. В результате комплексного усовершенствования технологического и теплотехнического процессов не только уменьшится расход пара на технологический процесс (25,6 % к м. св.), но и значительно снизится количество конденсатов, образовавшихся при переработке сахарной свёклы. Модернизация в данном направлении позволяет практически вдвое уменьшить количество избыточных конденсатов и, соответственно, снизить водопотребление и сброс сточных вод.

### Список литературы

1. Правила ведения технологического процесса производства цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики (ПУП) 15.83-37-106:2007/ М.М. Яр-

чук [та ін.]. – Видавництво ТОВ «Інформаційно-Аналітичний центр «Цукор України». – Київ, 2007. – 420 с.

2. Водное хозяйство сахарных заводов / В.В. Спи-чак, В.Н. Базлов, П.А. Ананьева, Т.В. Поливанова; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.В. Спи-чака. – Курск : ГНУ РНИИСП Россельхозакадемии, 2005. – 167 с.

3. Инструкция по теплотехническому режиму и тепловому контролю свеклосахарного производства. – Киев : НПО «Сахар», 1982. – 142 с.

4. Штангеев, К.О. Шляхи енергозбереження в цукровому виробництві: навчальний посібник / К.О. Штангеев, В.І. Христенко. – Київ : ІПДО НУХТ, 2003. – 34 с.

5. Штангеев, К.О. Рационалізація теплового господарства цукрових заводів: навчальний посібник / К.О. Штангеев. – Київ : ІПДО НУХТ, 2006. – 86 с.

6. Штангеев, К.О. Довідник з теплотехнічних розрахунків в цукровій промисловості / К.О. Штангеев, С.М. Василенко. – Київ : ІПДО НУХТ, 2012. – 138 с.

7. Штангеев, К.О. Методики расчёта температуры откачки диффузионного сока / К.О. Штангеев, В.И. Христенко. – Сахар. – 2006. – № 9. – С. 44–48.

Таблиця 7. Баланс конденсатов вторичного пара сахарных заводов с различным техническим уровнем производства

Показатель	Вариант		
	А	Б	В
Приход			
Конденсат пара из ТЭЦ, % к м. св.	54,95	32,43	25,61
Конденсаты вторичного пара ВУ, % к м. св.	103,59	103,59	82,39
Всего, % к м. св.	158,54	136,02	108,0
Потребление			
Возврат конденсата в ТЭЦ, % к м. св.	60,44	35,67	28,17
Конденсат на питание диффузии, % к м. св.	0,00	0,00	33,83
Конденсат в известковое отделение	11,98	11,98	5,45
Конденсат на промыв осадка, % к м. св.	16,30	16,30	4,68
Всего, % к м. св.	88,71	63,94	72,13
Избыток конденсата, % к м. св.	69,83	72,08	35,87

**Аннотация.** Количество конденсата, образующееся в производстве, зависит от основных параметров технологического и теплотехнического процессов, в частности от величины откачки диффузионного сока, сухих веществ сиропа, который поступает на уваривание utfелей в вакуум-аппаратах, и параметров работы выпарной установки. В последнее время в сахарной отрасли интенсивно внедряются новейшие технологии, направленные на повышение эффективности производства, снижение расхода топлива и уменьшение потерь сахара в производстве. Совершенствование технологических и теплотехнических процессов позволяет практически вдвое уменьшить количество избыточных конденсатов и, соответственно, снизить водопотребление и сброс сточных вод.  
**Ключевые слова:** сахарное производство, конденсаты вторичного пара, зависимость количества конденсата от технического уровня производства, снижение потребления воды.

**Summary.** The amount of condensate formed in production depends on the main parameters of the technological and heat engineering processes, in particular on the amount of pumping out of diffusion juice, dry substances of the syrup, which is fed to the boiling of masseccuite in vacuum apparatus and the parameters of the evaporation plant. Recently, the sugar industry has begun to intensively introduce the latest technologies that were aimed at increasing production efficiency, reducing fuel consumption and reducing sugar losses in production. Improvement of technological and heat engineering processes makes it possible to practically halve the amount of excess condensates and, accordingly, reduce water consumption and wastewater discharge.

**Keywords:** sugar production, secondary steam condensates, dependence of the amount of condensate on the technical level of production, reduction of water consumption.