

## НАЛАДКА ЖОМОСУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

**ВЕРХОЛА Л.А.**, канд. тех. наук (e-mail: [mst@gala.net](mailto:mst@gala.net))

**ПУШАНКО Н.Н.**, д-р. техн. наук НУИТ (+38 044 287 93 32)

В последние годы многие сахарные заводы наряду с увеличением производительности внедряют сушку свекловичного жома. Это вызвано малым спросом на свежий жом при местном увеличении его количества, кратковременностью его хранения и экологическими проблемами, возникающими при переполнении хранилищ кислого жома. Производство сухого гранулированного жома является составляющей важного практического задания – обеспечения безотходности свеклосахарного производства, уменьшения потерь ценных кормовых веществ, содержащихся в свекле, а также сокращения транспортно-складских расходов.

В работах [1,2] приведены технико-экономические расчёты, подтверждающие актуальность в современных условиях внедрения сушки свекловичного жома, рассмотрены рациональные режимы его производства и хранения.

Методика расчётов типовых жомосушильных установок [3] построена на решении уравнений материального и теплового балансов. Практическое её применение предполагает точное измерение температуры в камере сгорания, величины подсосов воздуха в барабан, непрерывное измерение влажности сухого жома.

В состав используемых в промышленности жомосушильных комплексов входят топочные устройства для сжигания мазута или газа, сушильные барабаны и устройства для очистки отработанных дымовых газов от жомовой пыли. Согласованное функционирование составляющих комплекса возможно при условии научно-обоснованного подбора оборудования и определения рациональных режимов его эксплуатации.

В литературе мало отражены вопросы практической реализации эффективных режимов сушки. Методика наладки промышленных сушильных установок остаётся недостаточно разработанной и специалисты, выполняющие практическую наладку в заводских условиях, зачастую по-разному и не всегда правильно интерпретируют значение и физический смысл различных параметров, их взаимосвязи.

Нами рассмотрены возможности повышения качества процедуры наладки и снижения её трудоёмкости путём использования цифровых методов моделирования [4]. Как объект наладки выбран наиболее распространённый тип установки для сушки свекловичного жома – установка барабанная, прямоточная, одноходовая, технологическое топливо – природный газ. Для неё разработана структурно – функциональная модель, отражающая состав и структуру связей между элементами, состояние объекта и ход процессов при изменении входных и выходных параметров.

Этап наладки следует за монтажом установки для сушки жома, его завершают режимно-технологические испытания. Полученные результаты являются основой для последующей безопасной и эффективной работы установки. Эти результаты фиксируются в виде режимно-технологических карт, инструкций по пуску оборудования, по ведению технологического процесса, наглядных пособий, учебно-методических материалов, а так же излагаются в устной форме персоналу заказчика, участвующему в работах по наладке.

Установленные в процессе наладки числовые значения различных параметров используются при настройке АСУТП и становятся неотъемлемой и весьма ценной частью программного обеспечения, которое передаётся заказчику вместе с сушильной установкой.

В рассматриваемой жомосушильной установке происходят два основных процесса: - сжигание природного газа с получением дымовых газов заданной температуры; высушивание предварительно отжатого до влажности 75...80 % свекловичного жома дымовыми газами до конечной влажности 12...13 %.

Регулирование процесса сжигания газа и связанное с ним обучение персонала, а так же проведение пуско-наладочных работ строго регламентированы. Это облегчает задачу специалистов сахарного завода по освоению эксплуатации комплекса. Однако глубокое понимание сущности происходящих процессов позволит выбрать рациональные режимы эксплуатации и экономить топливо.

Состав используемого природного газа зависит от месторождения или состава смеси газов различных месторождений. Он состоит преимущественно из 65...98 % метана ( $\text{CH}_4$ ) и небольшого количества более тяжелых углеводородов. Негорючими компонентами (балластом) в составе природного газа чаще всего являются азот и углекислый газ. Среднее значение низшей теплоты сгорания природного газа  $Q_H = 31...40 \text{ МДж/м}^3$ .

Сжигание топлива осуществляется в атмосферном воздухе, состоящем из 21 % окислителя кислорода ( $\text{O}_2$ ) и 79 % инертного, не участвующего в горении, азота ( $\text{N}_2$ ). Теоретически необходимое для полного сжигания горючих компонентов газа количество воздуха рассчитывается по составу газа. Для природного газа различных месторождений оно составляет  $V_0 = 8,5...10 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . Соотношение действительного количества воздуха  $V_d$ , поступающего на горение, и теоретически необходимого определяется коэффициентом избытка воздуха:  $\alpha = V_d/V_0$ . Воздух может подаваться несколькими потоками, для которых определяются значения:  $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n$ .

Конструкция камеры сгорания должна обеспечивать полное сгорание топлива, получение на выходе смеси газов с заданной температурой, минимальные потери тепла, защиту футеровки от перегрева и непосредственного контакта с пламенем. Большинство жомосушильных установок комплектуются горизонтальными цилиндрическими камерами сгорания. Для сравнения интенсивности процесса сгорания в них (табл. 1) используются такие параметры:

- тепловое напряжение, равное тепловой мощности, отнесённой к  $1 \text{ м}^3$  рабочего пространства камеры сгорания;
- форсировка, равная тепловой мощности, отнесённой к  $1 \text{ м}^2$  поперечного сечения камеры сгорания.

Таблица 1

### Основные параметры камер сгорания установок для сушки жома

Изготовитель/поставщик	Мощность тепловая, кВт	Диаметр, м	Длина, м	Тепловое напряжение, кВт/м <sup>3</sup>	Форсировка, кВт/м <sup>2</sup>
"Promill", Франция	27900	3,4	8,0	384,3	3073
"Volund", Ирландия	54000	4,8	10	298,5	2985
"ТТК", Россия	30000	2,79	10	522,3	4910
"Wiedemann Polska", Польша	34500	3,4	12	316,7	3800
"Maraldi", Италия	29010	2,8	8,07	583,7	4711
U.C.M.A.S., Бельгия	33404	3,42	9,75	372,9	3636

Наибольший интерес для дальнейшего рассмотрения представляет камера сгорания фирмы "Maraldi" (Рис. 1), где высокие показатели процесса горения обеспечивают 4 горелки полного предварительного смешения. Равномерное предварительное перемешивание газоздушной смеси происходит при пересечении большого количества тонких струй газа с воздушными вихрями, которые генерируются при работе горелки. В результате газ сгорает в коротких (до 4,5 м), прозрачных, малосветящихся факелах, которые располагаются вблизи геометрической оси камеры сгорания. Такая конструкция обеспечивает близкое к осесимметричному поле температур и незначительное тепловое излучение от факелов.

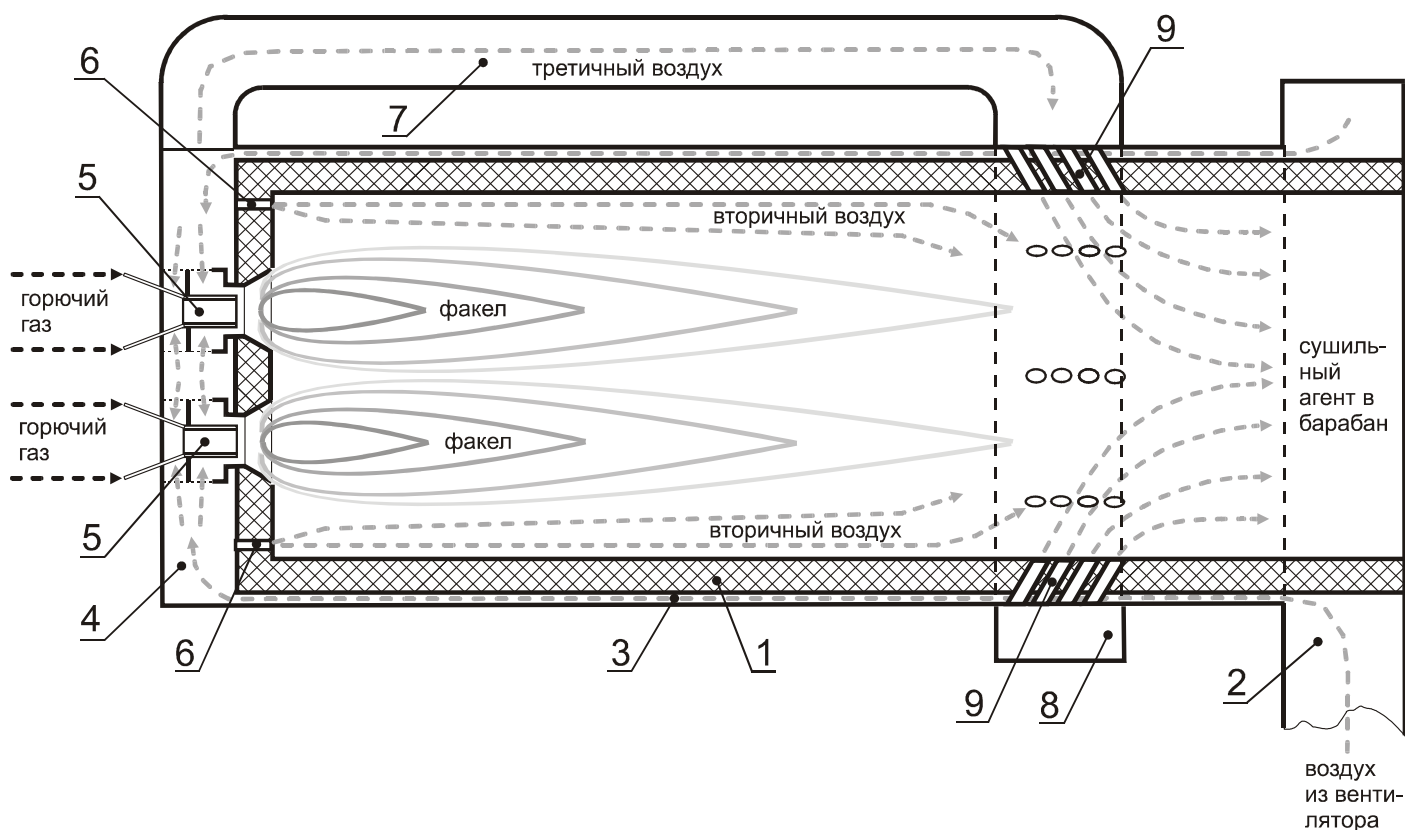


Рис. 1 Схема камеры сгорания:

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. корпус с огнестойкой обмуровкой | 6. сопла вторичного воздуха       |
| 2. приёмный коллектор              | 7. трубопровод третичного воздуха |
| 3. теплообменник                   | 8. коллектор третичного воздуха   |
| 4. распределительная камера        | 9. сопла третичного воздуха       |
| 5. газовые горелки                 |                                   |

Распределение воздуха осуществляется по оригинальной схеме от одного вентилятора на три потока. Весь воздух, подаваемый вентилятором в приёмный коллектор 2, проходит через теплообменник 3, который представляет собой зазор между поверхностью корпуса и наружным кожухом. В зазоре установлены продольные ребра для обеспечения жёсткости конструкции и увеличения поверхности теплообмена.

Подогретый воздух поступает в распределительную камеру 4, находящуюся в торце камеры сгорания. Отсюда воздух распределяется на три потока, каждый из которых играет свою роль в происходящих в камере сгорания процессах.

Первичный воздух ( $\alpha_1$ ) для горения подаётся через горелку с целью предварительного смешения с газом. Входные отверстия для воздуха четырёх газовых горелок 5 находятся непосредственно внутри распределительной камеры 4. Поток первичного воздуха смешивается с природным газом, образуя горючую смесь, которая поступает в зону горения факела. Расход первичного воздуха и коэффициент его избытка  $\alpha_1$  определяют ход горения: состав смеси и температуру, размеры и форму факела.

Вторичный воздух ( $\alpha_2$ ) поступает через ряд сопел 6, направленных параллельно оси камеры сгорания и распределённых по всей окружности вблизи обмуровки. Он выполняет тройную роль:

- струи вторичного воздуха образуют сплошную воздушную завесу, отделяющую обмуровку от пламени факелов, и предохраняют её от перегрева;
- вторичный воздух проникает во внешние зоны факелов, способствуя более полному сгоранию газа;

- разбавляя продукты сгорания, вторичный воздух увеличивает суммарный коэффициент избытка воздуха ( $\alpha_1 + \alpha_2$ ), соответственно снижая температуру образовавшейся смеси (рис. 2).

Третичный воздух ( $\alpha_3$ ) подаётся через трубопровод 7 в коллектор 8, откуда через сопла 9 поступает внутрь корпуса с целью разбавления продуктов сгорания и понижения их температуры. Струи третичного воздуха, направленные под углом к оси корпуса, пересекают поток горячих газов, завихряются и смешиваются с ними. В процессе горения третичный воздух практически не участвует, его роль - увеличить суммарный коэффициент избытка воздуха ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ ) и снизить до заданной температуру смеси.

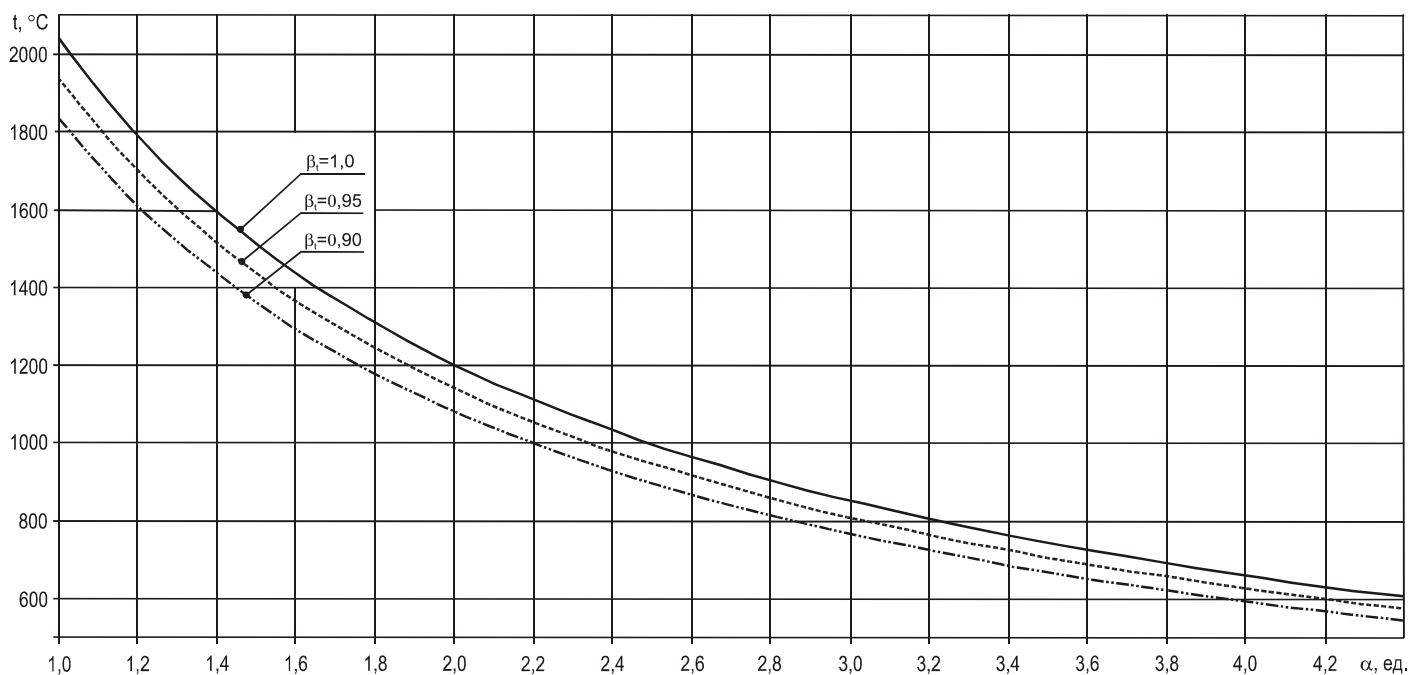


Рис. 1 Зависимость температуры продуктов сгорания от коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  и коэффициента использования тепла  $\beta_1$

Для всех трёх потоков воздуха движущей силой является разность давления в распределительной камере и камере сгорания. Поэтому камера сгорания рассматриваемой конструкции обладает ценным для практики свойством: при изменении подачи воздуха вентилятором соотношение между расходом первичного, вторичного и третичного воздуха остаётся практически постоянным:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = const; \quad \frac{Q_2}{Q_3} = const; \quad \frac{Q_1}{Q_3} = const, \quad (1)$$

где:  $Q_1, Q_2, Q_3$  – расход первичного, вторичного и третичного воздуха соответственно, м<sup>3</sup>/час.

Постоянство соотношения определяется аэродинамическим сопротивлением горелок, сопел вторичного воздуха и тракта подачи третичного воздуха, которые могут быть рассчитаны известными методами. Соответственно постоянным будет и соотношение между коэффициентами избытка первичного, вторичного и третичного воздуха  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ , что в свою очередь обеспечивает взаимозависимость значений температуры факелов, смеси продуктов сгорания с вторичным воздухом и сушильного агента на выходе из камеры сгорания.

Температура факелов теоретически может достигать около 2000 °С, но на практике она обычно ограничивается 1700...1300 °С. Доказано, что при сжигании топлива в большинстве промышленных топочных устройств наблюдается окислоразложение азота с образованием оксидов азота NO<sub>x</sub>. Оксиды азота в продуктах сгорания газообразного топлива имеют преимущественно термическое происхождение, их источником

являются высокотемпературные (более 1800 °С) зоны факела, а так же зоны реагирования топлива и кислорода при температуре 1200 °С в случае недостатка кислорода.

По степени вредности NO<sub>x</sub> на порядок превосходят СО, ранее считавшийся наиболее вредным компонентом. Поэтому в мире приняты экологические нормы, ограничивающие выбросы NO<sub>x</sub>, которые распространяются и на установки для сушки жома. Это учитывается при конструировании современных камер сгорания и их наладке.

Температура смеси продуктов сгорания с вторичным воздухом ограничивается характеристиками применяемой огнеупорной обмуровки, обычно она не превышает 1100...1300 °С.

Температура сушильного агента, который представляет собой смесь продуктов сгорания с вторичным и третичным воздухом, является важным технологическим параметром. Её в отечественной литературе [5] рекомендуется поддерживать в диапазоне 800...900 °С. В западноевропейских источниках [6,7] приводятся более высокие значения - от 900 °С до 1200 °С.

Эта температура намного выше температуры воспламенения сухого жома, а для углеродистой стали, из которой изготовлен жомосушильный барабан, она соответствует температурному диапазону деформации при красном цвете каления. Поэтому необходимым условием безаварийной работы является непрерывная подача в загрузочную секцию жомосушильного барабана отжатого жома. При первичном контакте с высокотемпературным сушильным агентом со всей поверхности частичек жома начинается интенсивное испарение воды, которое приводит к быстрому снижению температуры сушильного агента. Таким образом, непрерывно поступающий в барабан жом обеспечивает своеобразную "водяную завесу", предохраняющую от перегрева жомосушильный барабан и высушенный жом.

Более высокие значения температуры сушильного агента, приведенные в западноевропейских источниках, по нашему мнению, объясняются тем, что они относятся к жомосушильным барабанам системы Бюттнера. У них в головной части имеется специальная секция увеличенного диаметра, в которой по периферии расположены несколько рядов распределительных лопастей. При вращении барабана они поднимают жом, и когда он ссыпается вниз, то образует собой многослойную защитную завесу из свободно падающих частиц влажного жома.

Подаваемая в сушильный барабан горячая смесь продуктов сгорания и воздуха должна соответствовать требованиям, которые определяются её двойной ролью:

как тепловой агент (теплоноситель), она должна иметь теплосодержание, достаточное для нагрева жома, испарения заданного количества воды и компенсации потерь тепла;

как сушильный агент, принимающий в свой состав испарённую в барабане воду, она должна иметь объём, достаточный для того, чтобы при добавлении к нему всей испарённой влаги увеличение её влагосодержания не ограничивало существенно движущую силу процесса сушки.

Используя известные методы термодинамики [8], расчётным путём нами определены параметры рассматриваемого процесса сушки жома (таблица 2) в широком диапазоне изменения температуры сушильного агента на входе в барабан.

Расчёт произведен для условий: низшая теплота сгорания газа – 35,0 МДж/м<sup>3</sup>; влагосодержание воздуха – 10 г/кг сух. возд.; содержание СВ в прессованном жоме – 20 %; содержание СВ в сухом жоме – 87 %.

Таблица 2

Параметры процесса сушки жома продуктами сгорания природного газа

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сушильный агент на входе в барабан											
Температура на входе в барабан	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
К-т избытка воздуха суммарный ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ ), ед.	4,44	3,74	3,22	2,81	2,49	2,22	2,00	1,82	1,66	1,52	1,40
Расход воздуха на 1 т прессованного жома, м <sup>3</sup>	3089	2517	2117	1819	1591	1410	1263	1142	1040	954	879
Расход газа на 1 т прессованного жома, м <sup>3</sup>	75,2	72,8	71,1	70,0	69,1	68,6	68,2	67,9	67,7	67,6	67,5
Отработанный сушильный агент с температурой 120 °С на выходе из барабана											
Влагосодержание, г/кг сух. возд.	254	297	341	385	430	476	522	568	615	661	709
Парциальное давление водяного пара, кПа	29,0	32,3	35,4	38,3	40,9	43,3	45,6	47,7	49,7	51,5	53,3
Относительная влажность, %	29,0	32,3	35,4	38,2	40,9	43,4	45,6	47,7	49,7	51,5	53,3
Точка росы, °С	68,0	70,4	72,5	74,4	75,9	77,3	78,6	79,7	80,7	81,6	82,4
Содержание кислорода, об. %	15,7	14,8	13,8	12,9	11,9	10,9	9,8	8,8	7,7	6,6	5,5
К.п.д. процесса сушки, %	77,0	79,7	81,8	83,4	84,7	85,7	86,6	87,3	87,9	88,5	88,9

Приведенные результаты расчётов показывают, что высокотемпературные режимы имеют следующие преимущества:

- более высокий к.п.д. процесса сушки;
- интенсивное испарение влаги в начальной стадии процесса;
- меньший объём газов, проходящих через жомосушильную установку и выбрасываемых в атмосферу;
- малая концентрация кислорода в сушильном агенте и большая влажность на завершающей стадии процесса снижают риск пожара в сушильном барабане.

Однако применение высокотемпературных режимов требует гарантированной защиты от перегрева жомосушильного барабана непрерывным потоком отжатого жома. Такую гарантию может дать высокий уровень контроля технологических процессов, в том числе процесса прессования жома и его транспортировки в сушильное отделение. О практическом применении температуры выше 1000 ÷ 1200 °С данных нет. Очевидно, что повышенная температура потребует применения более жаростойких материалов для изготовления камеры сгорания.

В общем энергетическом балансе установки для сушки жома механическая составляющая занимает не более 3%. Однако, именно механические процессы определяют условия проведения основных процессов - горения и сушки.

В ходе наладки для организации режима работы установки для сушки жома определяют основные показатели:

- производительность установки по испаряемой влаге;
- температуру в середине камеры сгорания и на входе в сушильный барабан;
- распределение потоков подаваемого в камеру сгорания первичного, вторичного, третичного воздуха;
- параметры сушильного агента на входе в сушильный барабан и на выходе из него;
- значение каждого параметра определяется в зависимости от нагрузки, приняв, например, четыре его значения — 50, 75, 100 и 110% номинальной.

Составляя программу испытаний, необходимо выявить возможность всемерного сокращения экспериментальных работ на объекте [9]. Действенным методом является применение вычислительного эксперимента с использованием математической модели установки. С этой целью установка для сушки жома (рис. 3) разделена на расчётные элементы, свойства каждого из которых

описываются в виде зависимости гидродинамического сопротивления  $\Delta P$  (Па) от расхода воздуха  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ), которая определялась известными методами гидродинамики [10].

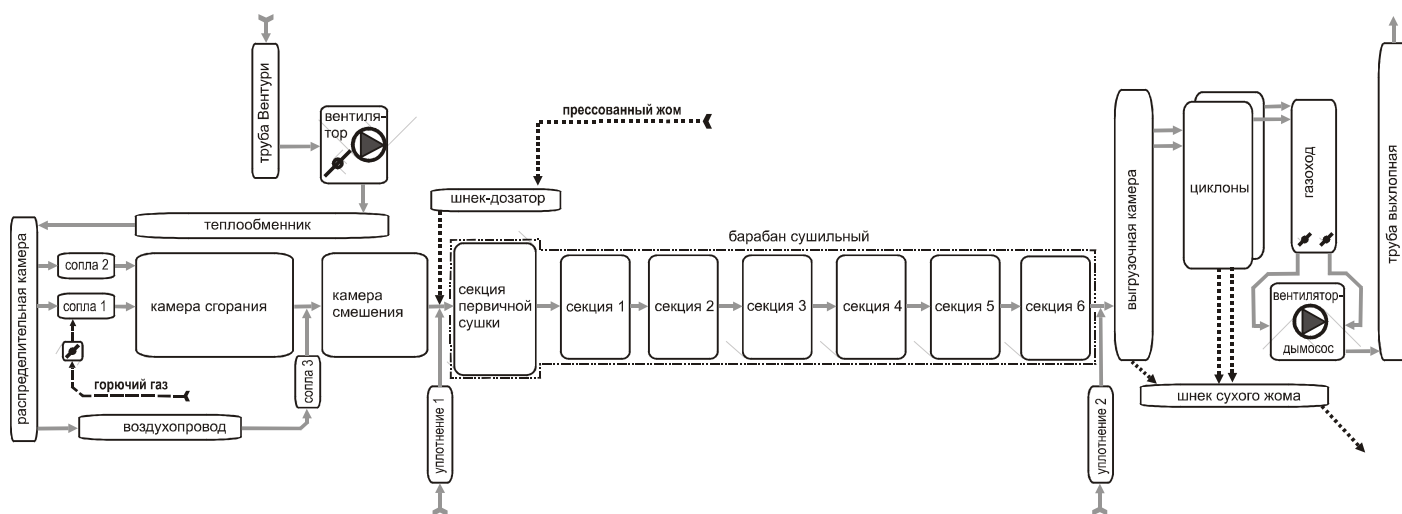


Рис. 3 Структура модели установки для сушки жома

Общий расход воздуха в установку измеряется на стороне всасывания вентилятора при помощи трубы Вентури. Поток воздуха после теплообменника разделяется на три неодинаковые составляющие ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ), которые через три группы сопел поступают в камеру сгорания, где вновь объединяются. Разделение потока на две равные части происходит перед двумя циклонами, и перед вентилятором-дымососом. Затем потоки сушильного агента смешиваются в дымососе.

Состав продуктов горения определялся по уравнениям реакции горения для каждого компонента горючего газа. Температура газовой смеси – из уравнений теплового баланса с учётом потерь тепла от недожога топлива и охлаждения барабана.

Для расчёта барабан был условно разделён на 7 участков. Количество испарившейся на каждом участке влаги принято пропорциональным движущей силе процесса сушки – разности давления водяного пара над поверхностью воды и парциального давления водяного пара в смеси газов. Снижение температуры на каждом участке определялось из уравнения теплового баланса. Затем производилась вариация значений кинетических коэффициентов процесса сушки, изменявшая распределение температуры по участкам до получения заданного значения температуры на выходе из барабана –  $125^\circ\text{C}$ . При расчёте учитывалось изменение состава сушильного агента вследствие добавления водяного пара. Изменение плотности газовой смеси рассчитывалось по законам идеального газа.

Величину подсосов воздуха через уплотнения 1 и 2 рассчитывали с учётом величины разрежения в соответствующих точках и учитывали в общем тепловом и материальном балансе [9].

При расчёте в качестве исходных данных была использована режимная карта (таблица 3), рекомендованная поставщиком оборудования.

Таблица 3

## Режимная карта установки для сушки свекловичного жома

Параметр	Единица измерения	Значение параметра
производительность установки по сушеному жому	кг/ч	8333
содержание сухих веществ в отжатом жоме	%	24
содержание сухих веществ в сушеном жоме	%	90
давление в распределительной камере	Па	400 ÷ 600
разрежение в камере сгорания	Па	100 ÷ 150
температура газов в камере сгорания	°С	1700
температура газов в камере смешения	°С	950
температура на выходе из сушильного барабана	°С	125
разрежение в выгрузочной камере	Па	200 ÷ 300
температура отжатого жома	°С	40
температура сухого жома	°С	70
температура наружного воздуха	°С	20

При моделировании использовались приведенные в научно-технической литературе и каталогах характеристики органов управления жомосушильной установкой: шнека-дозатора прессованного жома, регулятора подачи горючего газа (один общий на 4 газовые горелки), направляющего аппарата вентилятора воздуха, поворотных заслонок (две спаренные перед дымососом).

В результате проведенного вычислительного эксперимента при производительности от 50 до 110% номинальной для характерных точек, находящихся на границах расчётных элементов, определены следующие параметры: температура газовой смеси, расход газовой смеси, объёмный состав газовой смеси (рис. 4), статическое давление газовой смеси (рис. 5), положение регулирующих органов (рис. 6).

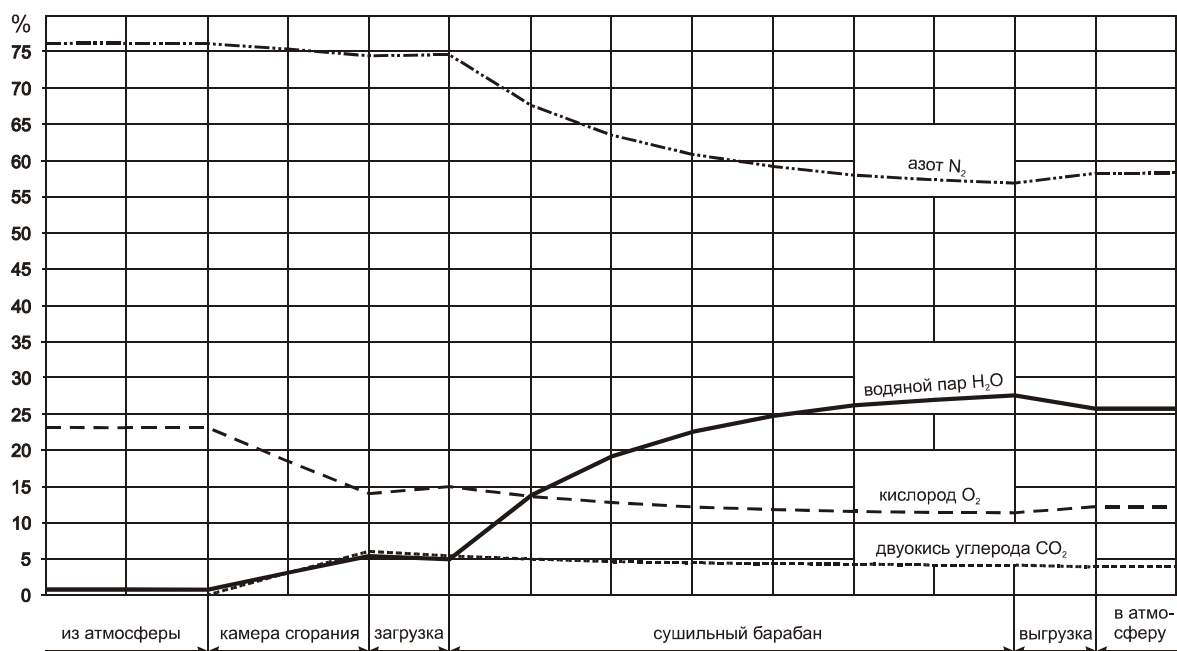


Рис. 4 Изменение объёмного состава сушильного агента в ходе процесса сушки

Данные о составе сушильного агента позволяют определять в каждой точке основные термодинамические параметры сушильного агента, от которых зависит скорость процесса сушки. Форма концентрационных кривых позволяет видеть динамику основных процессов в установке для сушки жома.

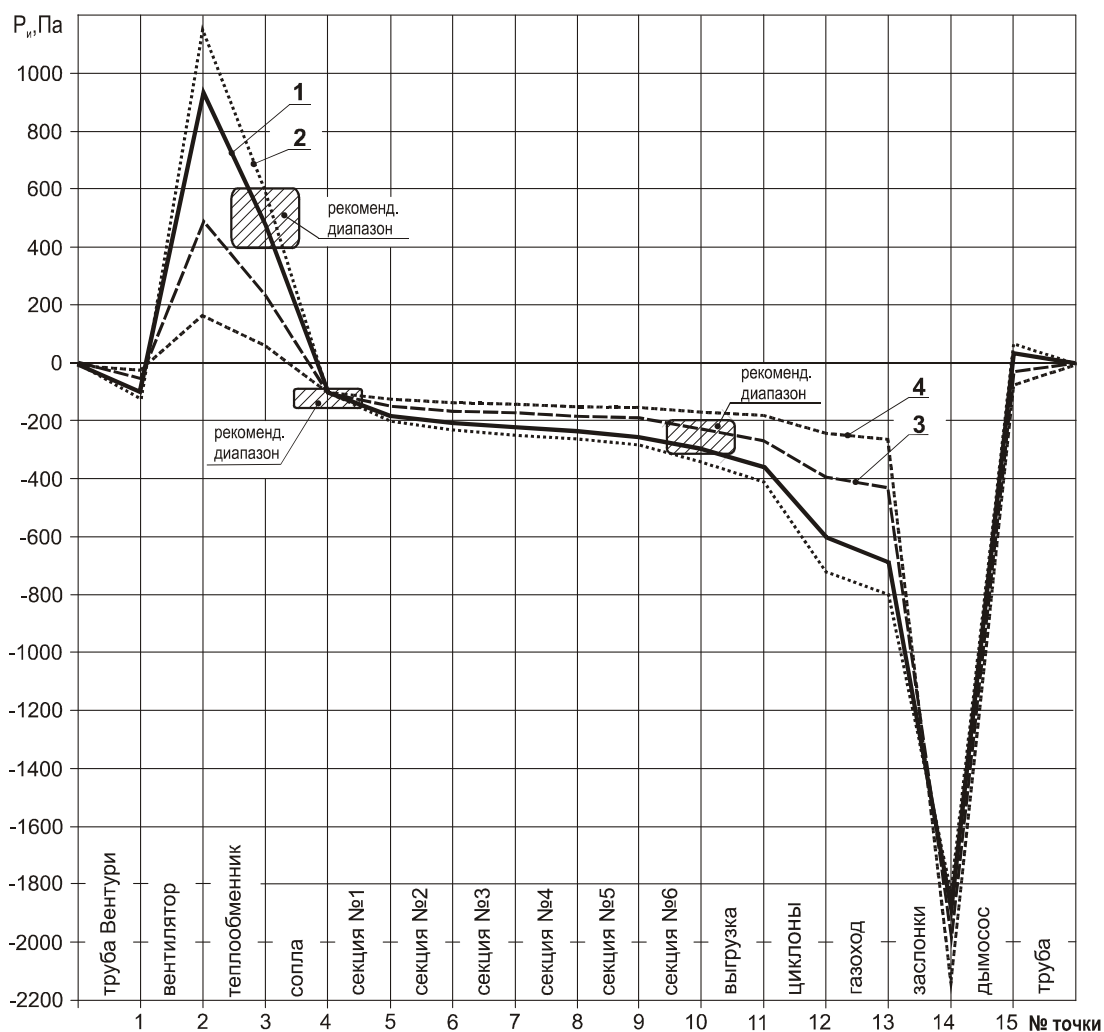


Рис. 5. Распределение избыточного статического давления по тракту установки для сушки жома при различной производительности (в процентах номинальной):

1 – 100 %; 2 – 110 %; 3 – 75 %; 4 – 50 %.

Разность давления между смежными точками характеризует режим работы основных элементов жомосушильной установки, совместимость их гидродинамических характеристик. Кривые распределения давления позволяют оценить правильность подбора вентиляторов и дымососа, допустимый диапазон регулирования расхода воздуха и имеющийся запас мощности.

Расчётные значения давления/разрежения используются при выборе датчиков системы автоматизации и позволяют контролировать правильность их работы в ходе наладки.

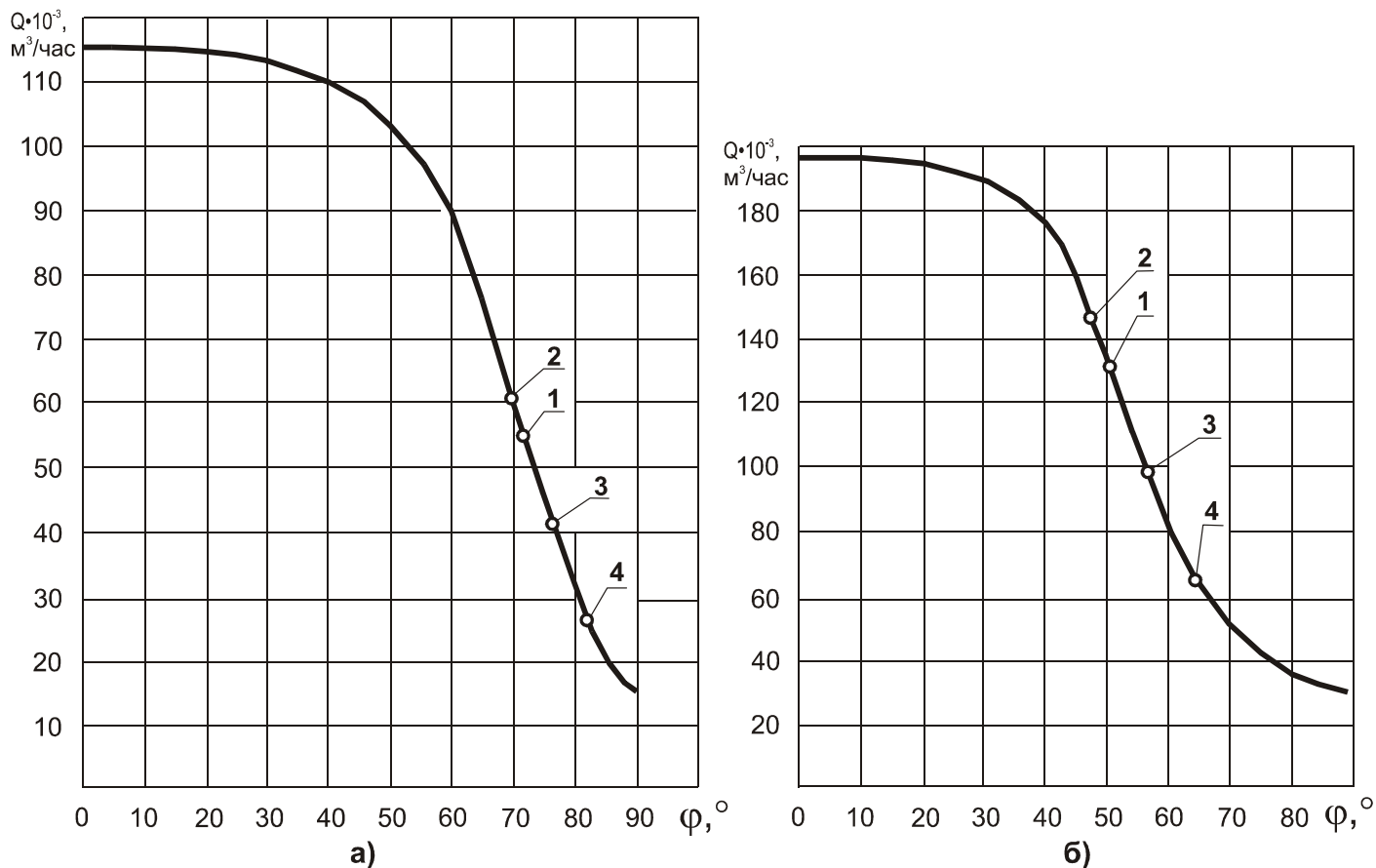


Рис. 6. Зависимость расхода сушильного агента от угла  $\varphi$  поворота регулирующих органов:  
 а) направляющий аппарат вентилятора воздуха; б) поворотные заслонки перед дымососом.  
 Точки на кривых соответствуют режимам (в процентах номинальной производительности):  
 1 – 100 %; 2 – 110 %; 3 – 75 %; 4 – 50 %.

На основании полученных путём числового моделирования действительных расходных характеристик определяется соответствие запроектированных исполнительных устройств системе управления данной установки для сушки жома. Они используются при выборе исполнительных механизмов и датчиков перемещения. В ходе наладки АСУТП полученные зависимости принимаются как исходные при разработке и отладке алгоритмов управления.

В целом проведенный вычислительный эксперимент даёт основания сделать ряд важных выводов:

- рекомендованные поставщиком режимы соответствуют расчётным гидродинамическим параметрам установки для сушки жома;
- регулирование процесса сгорания в камере сгорания рассмотренной конструкции возможно по одному параметру - температуре на выходе из камеры сгорания;
- теплообменник обладает значительным гидравлическим сопротивлением, соразмерным с сопротивлением горелок;
- перемещения всех регулирующих органов установки находятся в пределах "линейных" участков их характеристик, и имеется запас для расширения диапазона регулирования;
- конструктивные параметры тракта подачи воздуха в камеру сгорания ограничивают расход воздуха на заданном уровне, защищая от ошибочного его завышения и соответствующего снижения к.п.д. процесса сушки;
- по развиваемому напору дымосос имеет значительный запас, который может быть необходим в случаях перегрузки барабана жомом и для компенсации дополнительного сопротивления, появляющегося при налипании частиц жома на внутренних поверхностях тракта отработанного сушильного агента;
- применение трубы Вентури и шнека-дозатора позволяет управлять режимом сушки жома по соотношению воздух/жом с коррекцией по температуре отработанного сушильного агента;
- расчётную величину подсосов воздуха в барабан целесообразно корректировать по разрежению в соответствующих точках;
- концепция регулирования процессов в установке для сушки жома совместима с её конструкцией по тепловым и гидравлическим характеристикам.

Использованная в работе модель является статической. Она позволяет при неизменном температурном режиме изучать гидродинамические процессы, т.к. установка для сушки жома обладает очень малой инертностью по гидродинамическим свойствам: время нахождения воздуха в установке составляет 10...15 с, время распространения возмущений по тракту установки 0,3...0,4 с.

Для имитации режимов с изменением температурно-влажностного режима необходима разработка динамической модели, т.к. тепловая инертность установки для сушки жома значительна, и длительность переходных процессов составляет десятки минут.

Применение структурно-функциональной модели позволяет повысить эффективность проектных и пуско-наладочных работ. Предложенный метод целесообразно применять при наладке установок для сушки жома различных модификаций. Это позволит значительно сократить продолжительность пуско-наладочных работ, исключить затраты на внеплановые переделки, получить гарантированный положительный эффект.

Создание полнофункциональной моделирующей программы установки для сушки жома позволит на качественно более высоком уровне выполнять проектирование, обучение и тренировку операторов, определение технико-экономических показателей, а так же она будет составной частью программного обеспечения АСУТП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Заяц Ю.А., Крамар В.Г. Сушка и гранулирование жома – резерв повышения экономической эффективности в сахарной промышленности // Сахар – 2005. - №1. – С. 14-16.
2. Спичак В.В., Анананьева П.А., Кувардина Е.М. Получение и условия хранения сухого свекловичного жома // Сахар – 2006. - №2. – С. 44-45.
3. Орлов В.Д., Заборсин А.Ф., Яровой С.Л. Производство сушеного свекловичного жома. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 115 с.
4. Гартман Т.Н. Компьютерное моделирование энерго- и ресурсосберегающих химических производств // Программные продукты и системы – 2002. - № 4.
5. Инструкция по ведению технологического процесса свеклосахарного производства: Утв. М-вом пищ.пром-ти СССР 11.05.85. – М.: Издана ВНИИ сахарной пром-ти. – 1985. – 372 с.
6. Roche M. Le Séchage Des Pulpes De Betterave // Industries Alimentaires et Agricoles – 1965. - № 7-8. – р. 776-784.
7. Varotti S. Essiccazione e Cubettatura Della Polpa di Bietola // L'Industria Saccariera Italiana – 1978. – V. 71, № 4. – р. 100-103.
8. Кушнырёв В.И., Лебедев В.И., Павленко В.А. Техническая термодинамика и теплопередача. - М: Стройиздат, 1986. - 464 с.
9. РД 34.25.514-96 Методические указания по составлению режимных карт котельных установок и оптимизации управления ими. - РАО "ЕС России". – 1996. - 56 с.
10. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О.Штейнберга. - 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1992.-672 с.