

**Орган Министерства пищевой промышленности СССР и Центрального правления
научно-технического общества пищевой промышленности**

УДК 664.1.053

Интенсификация процесса уваривания утфелей в вакуум-аппаратах

**В. Т. ГАРЯЖА, Ю. Г. АРТЮХОВ,
В. И. ПАВЕЛКО, В. Р. КУЛИНЧЕНКО**

КТИПП

В. А. ПОДЛЕСНЫЙ

Ходоровский сахарный комбинат

Совершенствование техники уваривания утфелей, осуществляемое в сахарной промышленности, идет в двух направлениях. Усиленно ведутся разработки и исследования способов и аппаратов для непрерывного уваривания утфелей и одновременно – по улучшению конструкции периодически действующих вакуум-аппаратов. Наиболее перспективны работы по усилению естественной циркуляции в аппаратах.

Проведенные нами исследования [1, 2] позволили установить особенности циркуляции утфеля в вакуум-аппаратах и разработать устройство для вдувания пара (газа) в кипяtilьные трубы, позволяющее наиболее эффективно использовать энергию вдуваемого пара (газа).

Движущий напор естественной циркуляции в вакуум-аппаратах, как и в любом испарителе с естественной циркуляцией, создается разностью плотностей масс утфеля в опускных каналах и пароутфельной смеси в кипяtilьных трубах. Его можно определить по уравнению

$$\Delta p_{\text{дв}} = H \gamma_{\text{утф}} \varphi_{\text{ср.}}$$

где H – высота столба пароутфельной смеси, м; $\varphi_{\text{ср.}}$ – среднее паросодержание смеси; $\gamma_{\text{утф}}$ – плотность утфеля, кг/м³.

Движущий напор полностью затрачивается на преодоление гидравлических сопротивлений в опускных каналах и подъемных трубах. Сопротивление в опускных каналах включает потери на трение и местные сопротивления на входе и выходе опускного капала при движении одного утфеля, а сопротивление в подъемных трубах состоит, из потерь на входе утфеля в трубы, на трение утфеля до точки закипания и потерь на трение пароутфельной смеси, а также на ускорение движения смеси по длине труб за счет роста паросодержания.

С ростом паросодержания возрастает полный движущий напор, затрачиваемый на преодоление гидравлических сопротивлений в опускных каналах и подъемных кипяtilьных трубах за счет роста затрат на трение, ускорение движения и выход смеси. При вдувании пара или газа в кипяtilьные трубы увеличивается среднее паросодержание и, когда движущий напор смеси превышает его в подъемных каналах, происходит увеличение скорости циркуляции. Это явление наблюдается при паросодержании не более 60—70%; с дальнейшим ростом его циркуляция утфеля уменьшается, а когда достигает 100%, прекращается полностью. Небольшая эффективность от вдувания газа, полученная при кипении сахарных растворов [3], объясняется тем, что опыты проведены при паросодержании, близком к оптимальному. Поэтому этот способ не может найти применение

в выпарных аппаратах, где интенсивность теплоотдачи и оптимальные значения паросодержания можно достичь, регулируя уровень сока в аппарате.

В вакуум-аппаратах периодического действия уровень утфеля нельзя регулировать произвольно; к концу варки он возрастает, при этом увеличиваются концентрация и вязкость утфеля, а интенсивность теплообмена и паросодержание резко падают. Именно в этом случае может быть эффективным вдувание пара или газа. Проведенные исследования показали, что в диапазоне режимных параметров, характерных для работы промышленных вакуум-аппаратов, пароутфельные потки имеют, главным образом, снарядно-поршневую форму течения, при которой по трубе поднимаются, чередуясь друг за другом, пробки утфеля и паровые снаряды, занимающие почти все сечение трубы, имеющее длину больше диаметра трубы.

Снарядно-поршневое течение характеризуется большой неравномерностью движения утфеля по кипяtilьной трубе, поскольку центральное ядро утфельных поршней продвигается с почти такой же скоростью как и паровые снаряды и быстро проходит вдоль трубы. В пристенном кольцевом слое движение утфеля имеет возвратно-поступательный характер: при прохождении утфельного поршня этот слой подхватывается им и движется вверх, но медленнее поршня из-за трения о стенки трубы, а при прохождении парового снаряда утфель в пристенном слое стекает вниз под собственной массой. Совершая возвратно-поступательное движение, отдельные порции утфеля могут очень долго находиться в пристенном, перегретом по сравнению с основной массой утфеля слое. Это обстоятельство оказывает решающее влияние на термическое разложение сахара, которое было бы значительно меньше, если бы порции утфеля в пристенном слое быстро сменяли друг друга. Применение вдувания пара (газа) в каждую кипяtilьную трубу способствует активному перемешиванию утфеля с пузырьками пара (газа) и уменьшению размеров перегретого пристенного слоя утфеля в трубе.

Нами разработано устройство для усиления циркуляции вдуванием пара (газа) внутрь каждой кипяtilьной трубы применительно к промышленным вакуум-аппаратам. Это устройство изготовлено на Смелянском машиностроительном заводе и установлено в аппарате Ж-4-ПВА на Ходоровском сахарном комбинате (см. рисунок). Оно представляет собой расположенную под греющей камерой замкнутую камеру-распределитель с патрубками, как бы продолжающими кипяtilьные трубы, чтобы не затруднять прохождения

утфеля. В стенках патрубков имеются отверстия для прохода пара внутрь каждой трубы

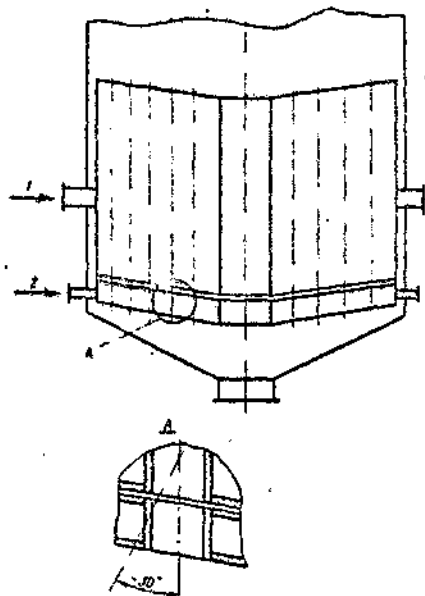


Схема установки устройства для усиления циркуляции в вакуум-аппарате Ж-4-ПВА на Ходоровском сахарном комбинате: 1 — греющий пер; 2 — вдуваемый пар.

Эти отверстия-сопла имеют восходящее направление оси под углом не более 30° к вертикали, диаметр их не превышает половины длины их вдоль оси, а общая площадь сечения отверстий составляет не более одной десятой сечения подводящих пар каналов. Такие особенности устройства позволяют поддерживать в нем давление более высокое, чем в вакуум-аппарате; под его действием пар вдувается в кипяtilьные трубы тонкими направленными вверх струями с высокой скоростью. При этом пар дробится на мелкие пузырьки и равномерно смешивается с утфелем. Кроме того, часть кинетической энергии струй пара передается утфелю, т. е. полезно используется на усиление

циркуляции.

Для дробления вдуваемого пара на более мелкие пузырьки целесообразнее иметь большее количество отверстий-сопел с меньшим диаметром, чем меньшее их количество с

большим диаметром. Дробление же пузырьков на более мелкие позволяет, если и не полностью исключить, то, по крайней мере, приблизить зону существования снарядно-пробкового течения по кипяtilьной трубе ближе к выходу из нее. Это обстоятельство, а также равномерный расход вдуваемого пара в каждую-кипяtilьную трубу вследствие постоянного и высокого значения перепада давления до и за отверстиями-соплами, позволяют добиться равномерной циркуляции утфеля в аппарате.

В течение производственных сезонов 1972/73–1973/74 гг. вакуум-аппарат с усиленной циркуляцией испытывали на Ходоровском сахарном комбинате в условиях варки утфеля II и III продуктов. Изучали режим работы аппарата, технологические и теплотехнические показатели, количество увариваемых продуктов и сваренного утфеля, расходы греющего и вдуваемого пара. В аппарате было проведено с вдуванием и без вдувания пара 33 контрольные варки утфеля II и III продуктов из оттеков по технологии, которая является обычной для Ходоровского сахарного комбината. Существенных отклонений от технологического режима не наблюдалось.

Режим работы аппарата следующий. Начальный набор и первые две-три подкачки для закрепления кристаллов (в общей сложности 120—150 гл) осуществляли из зеленого оттека I продукта при варке утфеля II продукта и зеленого оттека II продукта при варке утфеля III продукта. Обогрев осуществляли паром I корпуса выпарной установки давлением 0,8—1,4 ати (176 – 235 кПа). Разрежение в аппарате поддерживали около 580—600 мм рт. ст. (21—24 кПа); для вдувания в утфель использовали пар давлением 0,1—1,4 ати (107,8—235 кПа).

Колебания содержания сухих веществ и сахара увариваемых продуктов находились в обычных пределах, характерных для технологического режима Ходоровского сахарного комбината. Технологические показатели утфеля II и III продуктов, сваренного в этом аппарате, были лучше средних заводских варей за соответствующий период испытаний (см. таблицу).

Дата	Время варки ч–мин	Давлен. вдув. пара ата-кПа	Расход пара за варку, т		Коли- чество сварен- ного утф., т	Продукты поступающие %		Утфель при спуске, %		Межкрист. раст. при спуске %	
			вдува- емый	грею- щий		СВ	СХ	СВ	СХ	СВ	СХ
При уваривании утфеля III продукта с вдуванием пара											
29.10.73	4-46	2,3-255	2,6	12,5	40,1	78,7	59,8	94,5	73,1	90,4	59,8
19.11.73	6-04	1,6-157	2,1	11,9	43,6	81,4	62,1	94,1	71,5	89,5	58,7
27.12.73	7-16	1,4-137	2,5	8,5	42,1	77,8	58,9	94,5	74,0	88,6	58,3
При уваривании утфеля III продукта без вдувания пара											
6.10.73	8-35	–	–	10,5	40,3	80,5	63,1	94,1	73,4	91,3	64,0
25.12.73	8-22	–	–	10,2	43,4	85,0	61,2	94,5	73,5	89,7	62,3
При уваривании утфеля II продукта с вдуванием пара											
22.11.72	3-19	2,0-196	2,2	11,8	40,6	75,9	67,1	94,1	78,9	88,6	61,6
11.12.72	3-22	1,6-157	1,8	12,5	41,2	79,6	67,1	94,1	78,8	87,7	62,0
При уваривании утфеля II продукта без вдувания пара											
23.11.72	5-18	–	–	14,8	59,4	78,7	64,0	94,1	75,9	85,4	59,4
27.11.72	4-20	–	–	14,0	40,1	75,0	63,4	94,1	78,1	90,4	84,2
6.12.72	4-26	–	–	13,7	40,0	78,7	62,7	94,1	77,8	88,6	62,7

Испытания вакуум-аппарата с усиленной циркуляцией показали, что примененное в нем устройство для вдувания пара в каждую кипяtilьную трубу по предложенной схеме обеспечивает надежную работу аппарата.

Существенное усиление циркуляции утфеля путем вдувания пара в каждую кипяtilьную трубу интенсифицирует процесс варки. Время уваривания утфеля II и III продуктов уменьшается в среднем на 25 – 30%, по сравнению с процессом варки в аппарате без вдувания пара. Интенсивное перемешивание утфеля в аппарате приводит к более равномерным распределениям температур, пересыщению утфелягой массы, сокращению времени процесса варки, в результате чего уменьшаются потери сахара от разложения, а также обеспечивается снижение доброкачественности межкristального раствора на 1—2

единицы. Вдуваемый пар предотвращает образование «муки», обеспечивает нормальный рост кристаллов и уменьшает количество водных подкачек.

Количество пара на вдувание при оптимальном режиме варки утфеля II и III продуктов составляет 15 – 25% к расходу греющего пара на уваривание утфеля. Общий расход пара для аппаратов с усиленной циркуляцией не превышает расхода пара на аппарат без усиления циркуляции.

В результате вдувания пара при уваривании утфелей снизилась их цветность, улучшился гранулометрический состав кристаллов сахара.

Применение вдувания пара облегчает ведение процесса кристаллизации даже при неравномерной работе завода, а сравнительная простота конструкции и незначительные затраты при переоборудовании существующих в промышленности вакуум-аппаратов на аппараты с усилением циркуляции открывают пути для широкого внедрения их в промышленность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Артюхов Ю.Г.** Исследование гидродинамики потоков утфеля и смесей его с воздухом в вертикальных трубах. Автореферат канд. дисс, Киев, 1972.

2. **Павелко В.И.** Исследование процессов теплообмена и гидродинамики при кипении в трубах кристаллизующихся сахарных растворов. Автореферат канд. дисс. Киев, 1972.

3. **Толубинский В.И., Ямпольский Н.Г.** Об эффективности применения воздуха для интенсификации теплопередачи в промышленных вакуум-испарителях. Труды ИТЭ АН Украинской ССР, 1952, № 7.

Щомісячний науково-технічний і виробничий журнал. Цукрова промисловість – № 1, 1975,– С. 14–17

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. Сахарная промышленность – № 1, 1975.– С. 14–17

Monthly scientific and technical and production jornal. Saccharine industry – № 1, 1975.– P. 14–17

**Інтенсифікація процесу уварювання утфелів у вакуум-апаратах
Интенсификация процесса уваривания утфелей в вакуум-аппаратах
Intensification of process of brothsng of massecuite is in vacuum-pans**

**В. Т. Гаряжа, Ю. Г. Артюхов, В. И. Павелко, В. Р. Кулінченко В. А. Подлесний
В. Т. Гаряжа, Ю. Г. Артюхов, В. И. Павелко, В. Р. КулинченкоВ. А. Подлесный
V. T. Garyazha, Yu.G Artyukhov, V. I. Pavelko, V. R. Kulinchenko, V. A. Podlesnyy**

Проведені дослідження дозволили встановити особливості циркуляції утфеля у вакуум-апаратах і розробити пристрій для вдування пари (газу) в кип'ятільні труби, що дозволяє найефективніше використовувати енергію вдуваної пари (газу)

Ключові слова: вдування, кипіння, пара, газ, утфіль

Проведенные исследования позволили установить особенности циркуляции утфеля в вакуум-аппаратах и разработать устройство для вдувания пара (газа) в кипящие трубы, позволяющее наиболее эффективно использовать энергию вдуваемого пара (газа)

Ключевые слова: вдувание, кипение, пар, газ, утфель

The conducted researches allowed to set the features of circulation of massecuities in vakuum-hans and develop a device for insufflation of steam (gas) in boslsng pipes, allowing most effectively to utillize energy of the blown steam (gas)

Keywords: insufflation, boiling, steam, gas, massecuite