

УДК 66.041: 666.1.031.2

Кошельник В.М., Селихов Ю.А., Кошельник О.В., Долженко О.Ю.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛАВИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Производство стекла в развитых странах составляет десятки млн. т. в год. Преобладающим видом стекольной продукции является тарное стекло, которое применяют для производства различных видов бутылок и консервных банок. Так, в США стекло-тарное производство потребляет до 30 % всего используемого сырья, что составляет около 4 млн.т. в год. Фирма «Rocco Vormioli» является крупнейшим в Италии производителем стеклоизделий. В сутки производится свыше 500 т. стеклоизделий, из них почти 35 % идет на экспорт. В области строительного и технического стекла в последние годы наблюдается значительное расширение ассортимента и повышение качества выпускаемой продукции.

На отечественных промышленных предприятиях удельные затраты материальных и энергетических ресурсов в стекольном производстве значительно превосходят аналогичные показатели, достигнутые в индустриально – развитых странах [1]. Низкая эффективность агрегатов ванного типа, в которых на предприятиях производится основное количество стекломассы, в значительной степени определяется значительными тепловыми потерями с уходящими дымовыми газами и через ограждения варочной и выработочной зоны агрегатов. При этом работа агрегатов характеризуется недостаточной стойкостью элементов печей, особенно, огнеупорной кладки стен варочного бассейна [1,2]. Это приводит к уменьшению срока промышленной эксплуатации, к необходимости останова агрегатов для проведения дорогостоящих капитальных ремонтов.

Основное количество стекломассы производится в стекловаренных печах ванного типа, где температура варки стекла составляет порядка 1400-1500 °С. В качестве источника энергии используется газообразное топливо или жидкое, электроэнергия. В зависимости от производительности печи конструируются с подковообразным движением факела для печей малых размеров и с поперечным направлением пламени для печей большой производительности. В качестве примера в табл. 1 приведены характеристики некоторых основных агрегатов, используемых для производства стекла. Глубина варочного бассейна колеблется от 0,5 до 1,6 м, площадь бассейна составляет от 5 до 100 м². Удельный расход теплоты зависит от сорта выплавляемой стекломассы и конструктивных особенностей установки [1, 2].

Длительность срока эксплуатации агрегатов определяется, прежде всего, стойкостью кладки стен варочного бассейна, а межремонтный период, несмотря на применение искусственного охлаждения, может достигать по данным [2,3] в зависимости от сорта выплавляемой стекломассы и применяемых огнеупоров от нескольких месяцев до 2-3 лет. По сравнению с зарубежными агрегатами срок их эксплуатации соответственно в 2,5-3 раза ниже.

В процессе эксплуатации огнеупоры интенсивно разрушаются в основном на уровне зеркала стекломассы. С уменьшением толщины стенового бруса повышается температура наружной поверхности кладки, увеличиваются тепловые потери через кладку стен и свод агрегата. Их величина может составлять до 2,5-10,5 кВт/м² и выше [2,3]. Поэтому с ростом температуры наружной поверхности ограждения варочного

бассейна возрастает тепловое загрязнение, ухудшаются условия труда персонала. В результате ухудшаются такие важные технико-экономические показатели как удельный выход стекломассы, определяемый с площади варочного бассейна, удельные затраты топлива и т.д. В конечном итоге это приводит к удорожанию продукции, снижению ее конкурентоспособности.

Таблица 1 – Характеристики регенеративных ванн стекловаренных печей непрерывного действия

Печь	Продукция	Бассейн					Удельный съём стекломассы, кг/ (м ^а сут)	К.п.д. печи, %
		варочный			выработочный			
		ширина b, м	длина f, м	площадь, м ²	площадь, м ²	глубина h, м		
Открытая (без преград) с поперечным направлением пламени, регенеративная	Листовое стекло	6-9	18-30	80-260	80-400	1,2	800-1500	12-30
С протоком, поперечным направлением пламени, регенеративная с решетчатым экраном	Бутылочное (темно-зеленое) стекло	6-7	12-15	70-90	—	0,6-0,9	1500-2500	10-30
С протоком, поперечным направлением пламени, регенеративная	Сортовое стекло, консервная тара (полубелое)	6-8	8-20	До 150	—	0,9-1,2	1500-2500	15-30
С протоком подковообразным направлением пламени, регенеративная или рекуперативная	То же	2,5-6	2,5-8	До 45 До 45	—	0,6-0,9	800-1500	10-30

Поэтому для удлинения периода компании агрегатов применяется воздушное, водяное или комбинированное охлаждения отдельных элементов стекловаренных печей [3]. Известны единичные случаи применения испарительного охлаждения для ва-

рочного бассейна стекловаренных печей. Чаще всего на предприятиях применяется воздушное охлаждение поверхности огнеупорной кладки путем обдува их воздухом, подаваемым через специальные сопла вентиляторами. В этом случае имеют место значительные дополнительные затраты электроэнергии на привод электродвигателей вентиляторов, возрастают тепловые потери. Так, например, даже для печей с малой производительностью по стекломассе (до 20-25 т/сутки), мощность приводных электродвигателей вентиляторов систем воздушного охлаждения может составлять до 90-100 кВт.

Применение водяного охлаждения с использованием технической воды не позволяет использовать отводимую теплоту из-за низкого уровня температуры воды. Как известно, ее величина ограничена условиями выпадения солей на поверхностях охлаждаемых элементов.

Таким образом, возникает необходимость проведения исследований, направленных на решение практических задач по совершенствованию систем охлаждения с целью снижению энергоемкости производства стеклоизделий и улучшения экологических показателей плавильных агрегатов.

На кафедре теплотехники НТУ «ХПИ» выполнены исследования по повышению эффективности работы и стойкости плавильных агрегатов ванного типа для производства стекломассы. Так, например, в работах [4,5,6] представлены результаты исследований по совершенствованию системы охлаждения при условии использования химически очищенной воды.

В настоящей статье рассмотрены вопросы, связанные с применением в системах водяного охлаждения усовершенствованных конструктивных элементов с целью разработки мероприятий по использованию отводимой теплоты. В отличие от известных технических решений в данной работе предлагается усовершенствованная конструкция панели, которая обеспечивает за счет улучшения гидродинамики движения теплоносителя возможность управление теплоотводом.

Одним из предлагаемых нами вариантов, обеспечивающим утилизацию тепла внешней поверхности стен варочного бассейна является охлаждение внешней поверхности ограждения. Полученный результат достигается за счет того, что в ванной стекловаренной печи, которая включает стены варочного бассейна из огнеупорного кирпича, установлена система охлаждения из расположенных по периметру всей площади поверхности стен сборных модулей, каждый из которых состоит из: металлического короба, в котором находится плоский металлический коллектор площадью 1 м^2 , установленный своим плоским боком плотно без зазоров к внешней поверхности стен, который имеет трубопроводы подведения и отведения теплоносителя, запорную арматуру, электронасосы, универсальные термомпары для измерения температуры теплоносителя, систему автоматизированного управления, пульт управления.

Это позволяет: обеспечить более равномерные температурные поля по всей поверхности, снизить температуру поверхности до $30 \text{ }^\circ\text{C}$ и одновременно наиболее полно использовать теплоту, отводимую от поверхности ограждения бассейна на технологические нужды предприятия. Система включает трубопроводы подведения и отведения теплоносителя, запорную арматуру, электронасосы, универсальные термомпары для измерения температуры теплоносителя, систему автоматизированного управления, пульт управления. Для оперативного управления системой в трубопроводах установлены универсальные термомпары, которые дают возможность следить за изменением температуры теплоносителя в коллекторах и в случае увеличения температуры поверхности стен автоматика увеличивает подачу теплоносителя в трубопроводах. Для управления режимов работы системы в трубопроводах установлены универсальные термомпары, ко-

торые дают возможность следить за изменением температуры теплоносителя в коллекторах и в случае увеличения температуры поверхности стен автоматика увеличивает подачу теплоносителя в трубопроводах.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема усовершенствованной системы охлаждения стен варочного бассейна ванной стекловаренной печи. Охлаждение печи осуществляется с помощью унифицированных модулей, каждый из которых состоит: из металлического корпуса 7, в котором смонтирован плоский металлический коллектор 8, установленный своим плоским боком плотно без зазоров к внешней поверхности стен 10, имеющий трубопроводы 5 и 6 подведения и 9 и 11 – отведения теплоносителя из коллектора 8 в двухсекционный бак - аккумулятор 16, из которого вода направляется на нужды предприятия 14 и далее насосом подается в фильтрующую установку 20, после которой очищенный теплоноситель подается на вход установки водоподготовки 2.

Система охлаждения работает таким образом. После выхода ванной стекловаренной печи на рабочий режим включается охлаждение внешней поверхности стен 10 варочного бассейна, в котором находится расплавленная стекломасса 21.

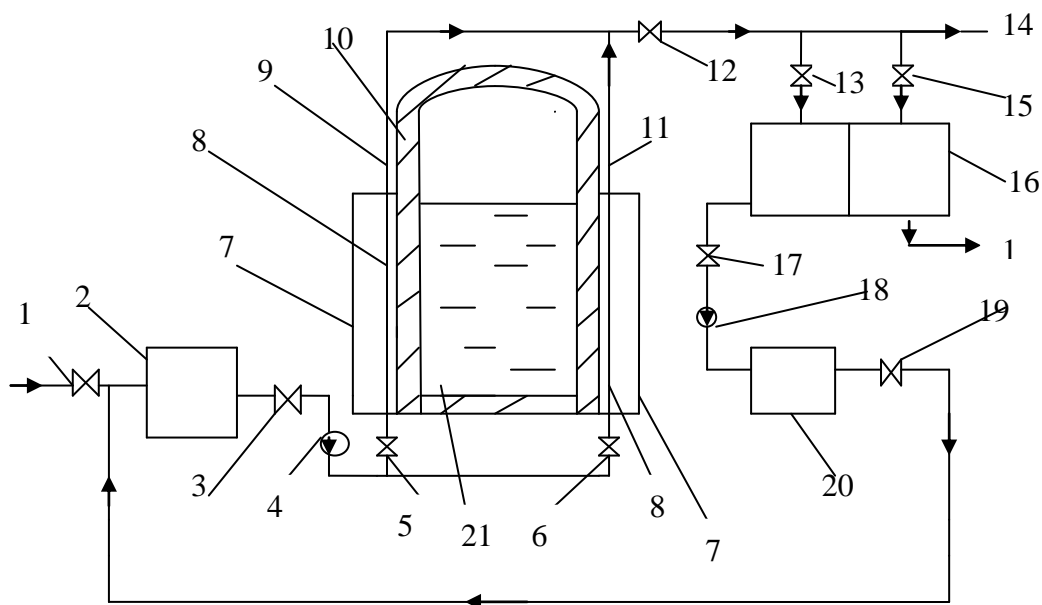


Рисунок 1 – Принципиальная схема водяного охлаждения варочного бассейна

Вода подается через вентиль 1 в установку водоподготовки 2, после которой через вентиль 3 насосом 4 направляется через вентили 5 и 6 снизу в плоские коллектора 8 и под давлением насоса 4 заполняет внутреннюю полость коллектора, отбирает тепло у внешней поверхности стен 10 варочного бассейна и через патрубки 9 и 11 выходит из коллектора 8 и поступает через вентиль 13 и 15 в первую и вторую секции бака-аккумулятора 16, откуда направляется на различные нужды предприятия 14.

Вода из бака-аккумулятора 16 через вентиль 17 при помощи насоса 18 направляется в фильтрующую установку 20 и после его очистки через вентиль 19 направляется на вход установки водоподготовки 2. Универсальные термодатчики, которые размещены в патрубках 9 и 11, передают сигнал на автоматику про уровни температур воды. При повышении температуры воды выше заданного значения, автоматически увеличивается подача ее при помощи насоса. Таким образом, автоматизированная система обеспечивает надежную работу системы охлаждения без вмешательства человека, хотя в случае необходимости предусматривается ручное управление системой охлаждения.

Для предложенной схемы выполнены теплотехнические расчеты по использованию усовершенствованных элементов системы водяного охлаждения. Расчеты выполнены для системы с постоянной температурой воды на входе $t_n = 15^\circ\text{C}$ при условии использования водяного охлаждения по периметру варочного бассейна с величиной поверхности нагрева $F = 32 \text{ м}^2$.

Результаты расчетов системы водяного охлаждения при изменении режимных параметров приведены в таблице 2. Установлено, что в диапазоне температур воды на выходе из коллектора $20-95^\circ\text{C}$ и расхода воды от $0,0040698$ до $0,2 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$ величина теплового потока изменяется от $2,728$ до $2145,28 \text{ кВт}$. Это обеспечивает реальную возможность утилизировать тепловые потери практически для всех возможных режимов работы агрегата с значительным запасом по тепловой мощности.

Таблица 2 – Тепловые режимы системы водяного охлаждения агрегата

№ п/п	G, кг/(м ² ·с)	t _к , °C	q, кВт/м ²	Q, кВт
1	0,0040698	95	1,364	43,654
2	0,0040698	80	1,1083	35,454
3	0,0040698	60	0,7673	24,552
4	0,0040698	50	0,5968	19,096
5	0,0040698	40	0,4263	13,64
6	0,0040698	30	0,2558	8,184
7	0,0040698	20	0,0853	2,728
36	0,100	95	33,52	1072,64
37	0,100	80	27,235	871,52
38	0,100	60	18,855	603,36
39	0,100	50	14,665	469,28
40	0,100	40	10,475	335,2
41	0,100	30	6,285	201,12
42	0,100	20	2,095	67,04
43	0,150	95	50,28	1608,96

Как показали результаты выполненных расчетов в данном случае представляется возможность использовать на технологические нужды дополнительное количество тепловой энергии, которое ранее не использовалось

$$Q_{\hat{A}} = D_{\hat{A}} (I_{\hat{A}}'' - I_{\hat{B}}'). \quad (1)$$

В случае использования на предприятии горячей воды, производимого системой охлаждения, может быть получена экономия топлива, величина которой составит в котельной

$$\hat{A} = \frac{D_{\hat{A}} (I_{\hat{A}}'' - I_{\hat{B}}')}{Q_H^C \cdot \eta_K}, \quad (2)$$

где $I_{\hat{A}}'', I_{\hat{B}}'$ – энтальпия воды на входе и выходе из коллектора, Q_H^C – теплота сгорания топлива, η_K – КПД котла.

Годовая экономия топлива при заданной продолжительности потребления горячей воды T_p составит величину

$$B_r = B \cdot T_p. \quad (3)$$

Выводы

Предложена усовершенствованная система водяного охлаждения варочного бассейна плавильного агрегата для производства стекломассы, которая дает возможность управлять режимными параметрами в широком диапазоне тепловой нагрузки.

Применение усовершенствованной системы водяного охлаждения позволит обеспечить реальную экономию топлива, а также снижение теплового загрязнения окружающей среды и уменьшение выбросов оксидов азота за счет снижения расхода топлива, сжигаемого в промышленных котлах.

Литература

1. Энергосбережение при варке стекла / Г.М.Матвеев, В.В.Миронов, Э.М.Раскина, К.Е.Тарасевич // Стекло и керамика. – 1998.– №11.– С. 10-11.
2. Козлов А.С. Теплотехника регенеративных стекловаренных печей.– М.: Легпромбытиздат, 1990.– 143 с.
3. Гойхман В.Ю., Русланов В.Н., Костыря В.А. Печная теплотехника в производстве стекла. – Харьков: Факт, 1997. – 288 с.
4. Киуила И.Г., Кошельник В.М. Применение испарительного охлаждения для ванн стекловаренных печей на Мерешанском стекольном заводе. – Проблемы инженерной экологии / Материалы 1 Украинской НТК. – Харьков, 1992.– С. 47-49.
5. Кошельник В.М., Селихов Ю.А., Кошельник А.В., Долженко Е.Ю. Совершенствование конструктивных элементов системы охлаждения высокотемпературных агрегатов ванного типа // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2004. – №2. – С. 22-27.
6. Заявка № 2003088002 от 27.08.2003 Кошельник В.М., Селихов Ю.А., Кошельник О.В. Ванна для скловарної печі. Рішення про видачу патенту на винахід від 12.10.2004.

УДК 621.1.016.4: 611.1.031.216

Кошельник В.М., Селихов Ю.А., Кошельник О.В., Долженко О.Ю.

ПРО МОЖЛИВОСТІ ПОЛПШЕННЯ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЛАВИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

Обгрунтовано необхідність підвищення енергоефективності роботи плавильних агрегатів в промисловому виробництві скломаси. Наведені особливості використання систем охолодження робочої зони плавильних агрегатів. Запропоновано заходи для підвищення ефективності роботи системи водяного охолодження та представлено практичні рекомендації щодо удосконалення конструктивних елементів систем, що забезпечить можливість поліпшення енергоекологічних показників агрегатів. Визначено рівень можливої економії палива за рахунок використання для потреб підприємства гарячої води з системи водяного охолодження.