

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 666.1.03:[66.028.2:66-911.48]

Н. Н. Артемьева, Р. О. Боровских

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЮ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОТАРЫ

На примере стекольного производства представлено решение, способствующее более рациональному использованию материальных ресурсов за счёт внедрения дозирующей системы, которая позволяет осуществлять процесс дозирования компонентов в двухфазной прямой эмульсии. Отличительная особенность системы – наличие аварийной линии подачи дозируемого компонента, что обеспечивает возможность её применения в узлах повышенной ответственности, где отклонение соотношения в сторону уменьшения дисперсной фазы недопустимо. Система позволяет работать с многофазными эмульсиями и многокомпонентными растворами, в которых объёмная доля растворителя значительно превышает объёмную долю растворённых веществ. Система допускает различные варианты исполнения, что делает возможным её применение в широком диапазоне соотношений дозируемых элементов. Испытания показали высокую надёжность и ремонтпригодность системы. При отказе основной линии замену неработоспособного элемента можно производить без отключения системы, т. к. функцию дозирования берет на себя аварийная линия дозирования. Действие системы периодическое, что позволяет осуществлять полное обслуживание элементов основной и аварийной линии системы в период неактивной фазы. Система показала достаточно высокую экономичность за счёт снижения расхода дозируемого компонента путём поддержания его минимально допустимой концентрации. Несомненное преимущество системы – относительно невысокая стоимость изготовления благодаря технологичной с точки зрения изготовления конструкции и исключению из системы автоматизации дорогостоящего микропроцессорного управления. Дозирующая система полностью автоматизирована и имеет сигнальные лампы оповещения обслуживающего персонала о низком уровне дозируемых компонентов в емкостях, неполадках в работе основной линии, а также низком уровне эмульсии в баке. При необходимости сигналы различных аварийных ситуаций можно продублировать звуковым оповещением.

Ключевые слова: система дозирования, дозатор, дозирование жидких сред, автоматизированное дозирование, стекольное производство, получение прямых эмульсий, получение многокомпонентных растворов.

Введение

Для обеспечения стабилизации работы российских предприятий стекольной промышленности и её устойчивого экономического развития в перспективе требуется решение целого ряда вопросов, и прежде всего повышение технической и ценовой конкурентоспособности. Это обусловлено значительным отставанием уровня технической и экономической конкурентоспособности многих производств и продукции стекольной промышленности России от зарубежного уровня. Лидирующие позиции в производстве стекольного оборудования занимают Германия и Швеция. Передовые технологии включают полную автоматизацию основных процессов с использованием новейших технологий формования стекла, которые затронули переоснащение всех узлов технологической цепочки производства. На развитие стеклотарной отрасли серьезное влияние оказывают и внешние факторы, выходящие за рамки прямых отношений между производителями стекла и его потребителями. К числу таких факторов следует отнести прежде всего динамику стоимости топливно-энергетических ресурсов, сырья и материалов, а также

транспортных тарифов. Для производства стекла, в себестоимости которого материальная составляющая достигает 50 %, эти тенденции имеют огромное значение. В связи с этим важность внедрения энергосберегающих технологий носит самый актуальный характер.

Особенности предлагаемого конструкторского решения

Технология стеклотарного производства состоит из двух производственных циклов: цикл технологии изготовления стекломассы и цикл технологии изготовления стеклянной тары. Технологический цикл изготовления стекломассы включает следующие процессы: подготовка сырьевых материалов, приготовление шихты (смешивание сырья в определённом соотношении в соответствии с заданным химическим составом), варка шихты в стекловаренных печах. Процессами изготовления стеклянной тары являются: доведение стекломассы до температуры, требуемой условиями формования; формование тары; постепенное охлаждение изделий с целью ликвидации возникающих напряжений; термическая, механическая, химическая обработка изделий для придания им заданных свойств [1].

Стекло образуется в результате переохлаждения расплава со скоростью, достаточной для предотвращения кристаллизации. При выходе из стекловаренной печи стекломасса имеет температуру около 1450 °С. Процессы охлаждения и температурного усреднения стекломассы, протекающие после того, как стекломасса покидает варочный бассейн печи, определяют термином «кондиционирование». Кондиционирование стекла осуществляется в выработочном канале, доставляющем расплав стекла к стеклоформирующей машине. Кондиционное стекло в питателе (рис. 1), подающем порции стекла в стеклоформирующую машину, имеет температуру около 1200 °С. Порция стекломассы, находящаяся в керамической чаше 2, перемешивается вращающимся керамическим бушингом 1 для придания стеклу однородности по температуре. Из чаши 2 стекло выдавливается керамическим плунжером 3 через керамическое очко 4 и обрезается лезвиями 5. Кронштейн, на котором установлены лезвия 5, имеет отражатель капли 6 для регулирования наклона падения отрезанной капли 7.

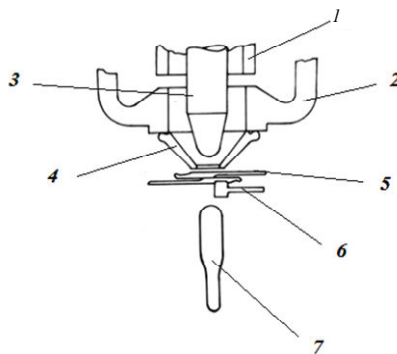


Рис. 1. Питатель стеклоформирующей машины

После того как капля стекломассы отрезается, лезвия разводятся в крайние положения, где попадают в область распыления форсунок. Лезвия сбрызгиваются эмульсией, имеющей в своем составе воду и специальное разделительное масло. При попадании на лезвия, имеющие достаточно высокую температуру, водная основа испаряется, а масло равномерным слоем покрывает поверхность лезвий. Разделительный слой масла обеспечивает защиту металла от перегрева и улучшает проникающие свойства лезвий. Все вышеперечисленные свойства обеспечивают условия оптимального резания стекломассы и сохраняются при диапазоне соотношений масло : вода от 1 : 300 до 1 : 1200. Масло имеет состав, сходный с составом синтетического жира, и слишком высокая его концентрация приводит к нерасчётному режиму работы форсунок, вызывающему загрязнение сопел. Эксперименты показывают, что каналы, подводящие эмульсию к форсункам, имеют жировые отложения по периферии внутренней поверхности при использовании эмульсии с чрезмерной концентрацией масла. Впоследствии сгустки могут отрываться от стенок и засорять узкие участки каналов и сопел. С другой стороны, слишком низкая концентрация масла в эмульсии приводит к тому, что разделительный слой на поверхности лез-

вий становится тоньше и впоследствии происходит его разрыв. Критическое время контакта металла со стеклом зависит от многих факторов: площадь контакта, температура стекла, частота резания, глубина резания и т. д. Основываясь на опыте, можно предположить, что при соотношении масло : вода равном 1 : 1300 и среднестатистических прочих параметрах критическое время работоспособности лезвий составит 25–30 секунд. Затем произойдет залипание стекла и металла, и порции раскаленного стекла будут хаотично разбрасываться возвратно-поступательными движениями лезвий. Степень аварийности электроники стеклоформирующей машины чрезвычайно высока еще и потому, что кронштейны лезвий, с целью снижения инерционных масс, выполнены из алюминиевого сплава, имеющего температуру плавления около 700 °С. Это значительно ниже температуры капли, что создает опасность возгорания или выхода из строя кронштейнов лезвий под действием температуры. Кроме того, любой случай пропуска загрузки капли в стеклоформирующую машину влечёт за собой не только пропущенный цикл формования, но и брак в ближайших последующих циклах вследствие падения температуры форм ниже значений рабочего диапазона.

С учетом вышеизложенных фактов автоматизированное дозирование эмульсии на данном участке технологической цепочки целесообразно и необходимо. Согласно рекомендациям производителей и опыту персонала стеклоформирующих заводов, оптимальное соотношение масла для лезвий реза капли стекломассы к воде составляет 1 : 1000–1 : 1100. Система дозирования должна:

- обеспечивать подачу дозируемого компонента в регулируемых пределах от 1 : 500 до 1 : 1500, что позволит использовать различные марки масел с различным рекомендуемым соотношением;
- иметь аварийную линию подачи дозируемого компонента для компенсации возможных пропусков дозирования основной линии;
- быть автоматизированной и иметь сигнализацию оповещения обслуживающего персонала о включении аварийного режима или наличии неполадок в работе.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать две гидравлически независимые линии подачи дозируемого компонента: основную и аварийную. Основная линия активна в нормальном режиме работы системы (рис. 2).

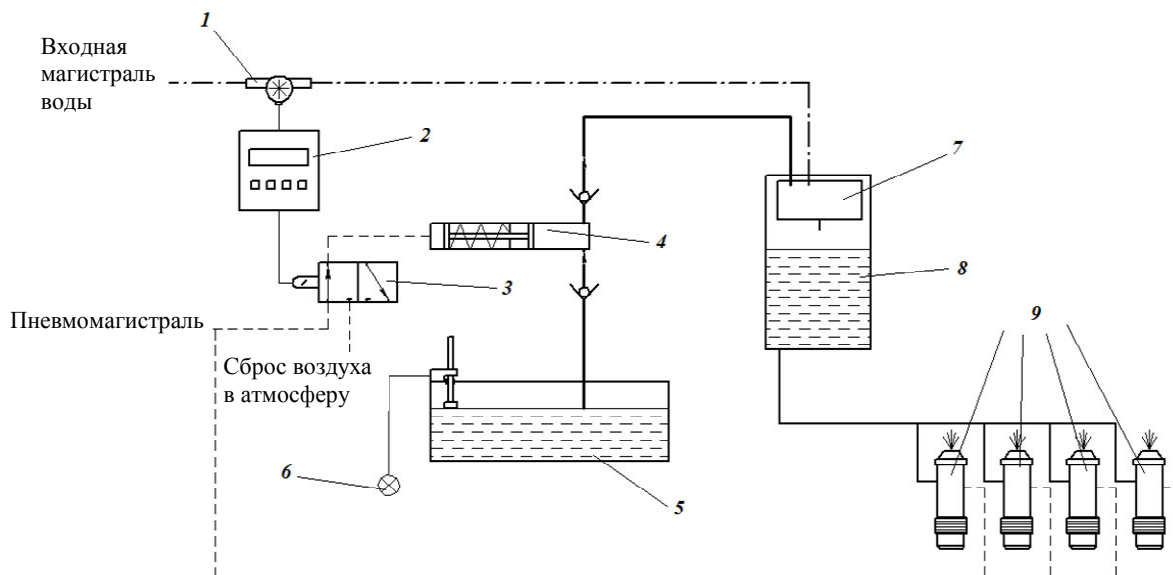


Рис. 2. Схема основной линии системы дозирования

Основная линия выполняет функцию дозирования следующим образом.

Импульсный расходомер воды 1 измеряет проходящий поток воды и генерирует импульсы, регистрируемые счётчиком импульсов 2. Счётчик импульсов 2 при достижении заданного значения генерирует электрический сигнал заданной длительности на катушку, перемещающую сер-

дечник пневматического клапана 3/2 с пружинным возвратом нормально закрытого 3. При нагнетании сжатого воздуха в пневматический насос 4 из масляной камеры порция масла вытесняется через самодействующий нагнетательный клапан в смеситель компонентов 7. После окончания сигнала нагнетание прекращается и пружина возвращает поршень пневматического насоса в исходное положение, вследствие чего происходит всасывание порции масла через самодействующий всасывающий клапан из масляного резервуара 5. Сигнальная лампа 6 оповещает оператора о низком уровне масла. После смешения эмульсия подаётся из смесителя 7 в бак для эмульсии 8. Бак для эмульсии 8 необходимо размещать выше уровня форсунок сбрызгивания лезвий 9 для упрощения конструкции, исключив необходимость использования подающего насоса.

Изменение соотношения дозирования компонентов в данной схеме возможно двумя способами:

- изменением порогового значения счётчика импульсов, что будет регулировать количество впрысков пневматического насоса;
- изменением объёма рабочей камеры насоса, для чего в его конструкции необходимо предусмотреть регулятор.

Аварийная линия должна активизироваться при наличии пропуска впрыска основного насоса. Для сохранения соотношения дозирования объём камеры аварийного насоса должен быть равен объёму камеры основного насоса. В ходе экспериментов было установлено, что наименее надёжным элементом в данной схеме является пневматический клапан 3/2 с пружинным возвратом. Основная причина отказа клапана – потеря упругости пружины или её разрушение, вызванное окислением влагой, сконденсированной из магистрали сжатого воздуха, если на производстве, где эксплуатируется данная система, недостаточно эффективно работает система подготовки сжатого воздуха. Поэтому в аварийной линии предусмотрен другой способ перемещения сердечника клапана 3/2. Принцип работы аварийной линии показан на рис. 3.

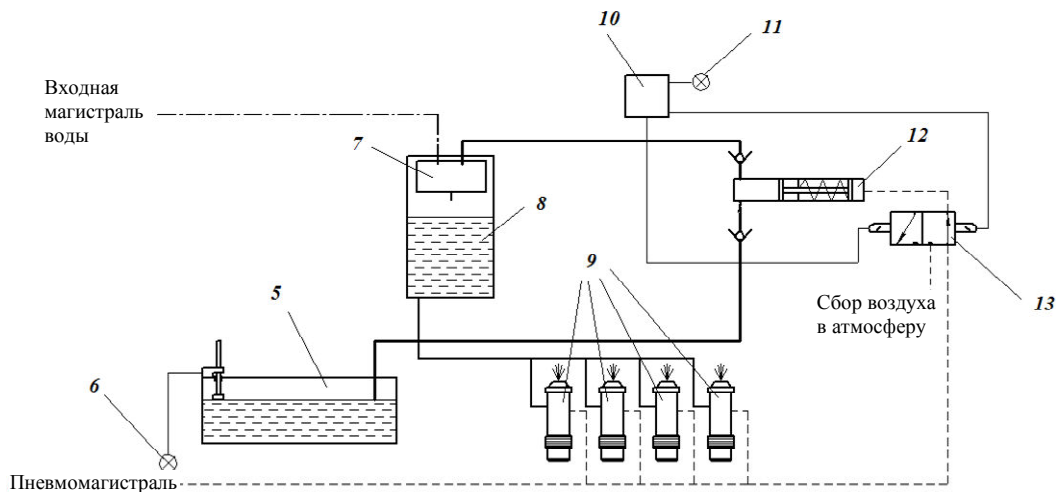


Рис. 3. Схема аварийной линии системы дозирования

Реле аварийного насоса 10, зарегистрировав сигнал пропуска впрыска основного насоса, активизирует сигнальную лампу оповещения о включении аварийного режима 11 и одновременно генерирует сигнал на возбуждение обмотки катушки, перемещающей сердечник клапана 3/2 13 в позицию нагнетания в аварийный пневматический насос 12. При нагнетании сжатого воздуха в аварийный пневматический насос 12 из масляной камеры порция масла вытесняется через самодействующий нагнетательный клапан в смеситель компонентов 7. После окончания сигнала нагнетания пневматического насоса 12 реле аварийного насоса 10 генерирует сигнал на возбуждение обмотки катушки, перемещающей сердечник клапана 3/2 13 в позицию сбрасывания давления. В этот момент пружина возвращает поршень аварийного пневматического насоса 12 в исходное положение, вследствие чего происходит всасывание порции масла через самодействующий всасывающий клапан из масляного резервуара 5. Сигнальная лампа 6 оповещает оператора о низком уровне масла. После смешения эмульсия подаётся из смесителя 7 в бак для эмульсии 8.

Для создания единой слаженной системы из двух отдельных линий необходимо прежде всего задать критерий аварийности основной линии. Затем необходимо спроектировать прибор, способный отслеживать этот критерий в основной линии, и при его возникновении генерировать сигнал, запускающий аварийную линию путём активизации реле аварийного насоса. Ввиду того, что самым ненадёжным элементом основной линии является клапан 3/2, очевидно, что критерий аварийности необходимо регистрировать после него. Остаются два варианта:

- отслеживать перемещение поршня основного насоса и в случае его отсутствия генерировать аварийный сигнал;
- отслеживать пульсации жидкости в нагнетательном трубопроводе в течение некоторого временного интервала после регистрации сигнала на возбуждение обмотки катушки клапана 3/2 основной линии.

В первом случае есть риск не зарегистрировать выход из строя всасывающего и нагнетательного клапанов. Второй случай требует проектирования и внесения в схему системы дополнительного прибора, но в этом случае отслеживается конечный результат работы основной линии, что, учитывая ответственность данной дозирующей системы, предпочтительнее. Таким образом, задача по проектированию прибора отслеживания потока содержит следующие условия:

- прибор должен быть достаточно чувствительным для отслеживания доз, равных минимально возможному объёму масляной камеры основного насоса;
- прибор должен отслеживать поток только в течение заданного времени после сигнала начала отслеживания.

Прибор отслеживания потока может быть выполнен в виде камеры с плунжерным ползуном и герконом, реагирующим на перемещение плунжера. Сигнал начала отслеживания можно совместить с сигналом на возбуждение обмотки клапана 3/2. Необходимость данного сигнала заключается в том, что цикл работы основного насоса имеет две фазы: впрыск и ожидание. В зависимости от заданного соотношения и расхода эмульсии фаза ожидания может быть достаточно длительной, для того чтобы прибор зафиксировал отсутствие пульсации. Поэтому пульсацию жидкости в нагнетательном канале основной линии необходимо отслеживать только в моменты впрыска. Конечный вариант системы показан на рис. 4.

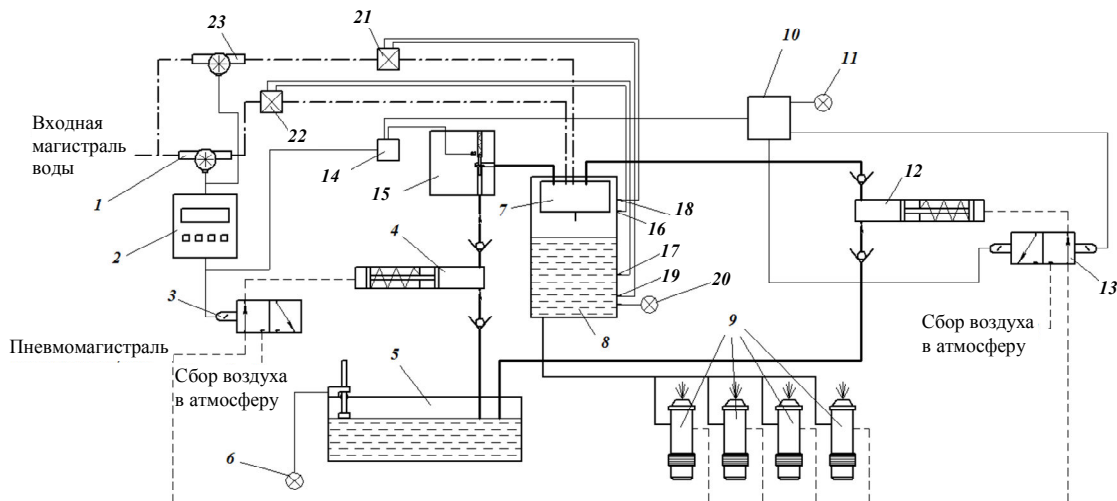


Рис. 4. Схема системы дозирования с двумя линиями подачи и управляющими органами

В окончательной схеме системы дозирования предложено следующее решение взаимодействия двух линий: после прохождения заданного количества воды через импульсный расходомер 1 программируемое реле 14 принимает сигнал от счётчика импульсов 2. Одновременно счётчик импульсов 2 генерирует сигнал и на пневматический клапан 3/2 с пружинным возвратом нормально закрытого 3, запуская тем самым вышеописанный процесс впрыска основного насоса. Программируемое реле 14 запрограммировано таким образом, что если в течение трёх секунд после принятия сигнала от счётчика импульсов 2 прибор отслеживания потока 15 не подтвердит наличие потока, то будет сгенерирован сигнал на активацию аварийного

впрыска с помощью реле аварийного насоса 10. Дозирование осуществляется до тех пор, пока бак 8 не наполнится до датчика максимальной отметки рабочего уровня 16. При этом основной электромагнитный запорный орган 22 прекращает подачу воды, останавливая тем самым импульсный расходомер 1. При опустошении бака до датчика минимальной отметки рабочего уровня 17 основной электромагнитный запорный орган 22 возобновляет подачу воды и импульсный расходомер 1 начинает генерировать сигналы. Датчик максимальной отметки запасного уровня 18 и датчик минимальной отметки запасного уровня 19 взаимодействуют с запасным электромагнитным запорным органом 21 и запасным импульсным расходомером 23, подсоединенным к счётчику импульсов 2. Запасные датчики уровня предусмотрены на случай выхода из строя датчиков рабочего уровня или основного электромагнитного запорного органа 22. Сигнальная лампа низкого уровня бака 20 должна быть выведена отдельно и должна быть достаточно заметной для того, чтобы в случае падения уровня в баке, например из-за прекращения подачи воды в городской магистрали или прочих неполадок, оператор имел возможность экстренно остановить механизм реза стекломассы.

Заключение

Предложенное конструкторское решение позволяет рационально расходовать дорогостоящее разделительное масло и повысить эффективность работы механизма реза стекломассы путём автоматизации и исключения влияния человеческого фактора на технологический процесс. Данная система дозирования может иметь несколько вариантов исполнений. Простейший вариант системы – только основная линия дозирования. Такое исполнение может быть использовано в технологических схемах, где процесс производства может быть остановлен без потерь в случае нарушения функционирования системы дозирования. Для удобства проверки работоспособности системы в схему простейшего исполнения можно включить прибор отслеживания потока с выходом на сигнальную лампу. Другим вариантом исполнения может быть система многокомпонентного дозирования с индивидуальной аварийной линией для каждого компонента. Такой вариант системы исключит пропуск дозирования одного из компонентов по причине выхода оборудования из строя и может быть применен в технологических схемах при работе с ответственными узлами, где необходима повышенная надёжность дозирующей системы. Рекомендацией к применению данной системы в условиях стекольного производства может быть применение дублирующего подводящего канала эмульсии к форсункам на случай профилактики или прочистки основного канала. Смеситель компонентов может быть выбран индивидуально, учитывая физико-химические свойства конечного продукта [2]. Система автоматизации может быть выполнена в виде программируемых реле с логическим интерфейсом либо в виде программируемого логического контроллера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медяник Н. Л.* Современное стеклотарное производство: учеб. пособие / Н. Л. Медяник, Л. В. Чулева, Т. М. Куликова, З. З. Оуд, Н. И. Родионова. Магнитогорск: МГТУ, 2008. 179 с.
2. *Фролов К. В.* Машины и аппараты химических и нефтехимических производств / М. Б. Генералов, К. В. Фролов, А. М. Кутепов, Ю. И. Макаров // *Машиностроение. Энциклопедия.* М.: Машиностроение, 2004. С. 319–332.

Статья поступила в редакцию 31.03.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Артемьева Наталья Николаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»; kostia_artemiev@mail.ru.

Боровских Роман Олегович – Россия, 414032, Астрахань; ООО «Астраханьстекло»; инженер-механик; Romskij@mail.ru.



N. N. Artemieva, R. O. Borovskikh

DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF RATIONAL DESIGNING SOLUTIONS INTO THE TECHNOLOGY OF GLASS CONTAINER PRODUCTION

Abstract. The paper considers the solution of rational use of material resources on the example of the glass container production by keeping a constant ratio of dosing components in two-phase direct emulsion. A distinctive feature of the presented system is an emergency dosing line existence that provides the possibility of its using in high liability devices, where the downwards deviation of the dispersed phase ratio is unacceptable. The suggested system also has the ability to work with multiple emulsion and multicomponent solutions, where the volume share of solvent considerably exceeds a volume share of the dissolved substances. This system may have different embodiments making it possible to use the system provided in a wide range of ratios of items to be weighed. The tests showed high reliability and maintainability of the presented system. In case of failure of the main line, the replace of unworkable element can be made without shutting down the system, as a function of dosing takes the emergency line dosing. The system has periodic action, that allows to make service of the elements of the main and emergency line of the system in the period of an inactive phase. The system showed relatively high efficiency reducing the flow metering component by keeping the minimum allowable concentrations of the substances. The undoubted advantage of this system is the relatively low cost of manufacture due to the technological, in terms of designing, construction and exclusion from the automation system of expensive microprocessor control. The dosing system is fully automated and has alert lights of staff warning about the low dosed components in the containers, faults in the main line, as well as the low level of emulsion in the tank. If required, the signals from the various emergencies can be duplicated with the sound notification.

Key words: dosing system, dispenser, dosing of liquid substances, automated dosing, glass production, obtaining direct emulsion, production of multicomponent solutions.

REFERENCES

1. Medianik N. L., Chuprova L. V., Kulikova T. M., Odud Z. Z., Rodionova N. I. *Sovremennoe steklotar-noe proizvodstvo* [Modern glass container production]. Magnitogorsk, MG TU, 2008. 179 p.
2. Generalov M. B., Frolov K. V., Kutepov A. M., Makarov Iu. I. *Mashiny i apparaty khimicheskikh i neftekhimicheskikh proizvodstv* [Machines and apparatus of chemical and oil chemical production]. Mashinostroenie. Entsiklopediia. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2004. P. 319–332.

The article submitted to the editors 31.03.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Artemieva Natalia Nickolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Technological Machines and Equipment"; kostia_artemiev@mail.ru.

Borovskikh Roman Olegovich – Russia, 414056, Astrakhan; Ltd. "Astraglass"; Engineer-mechanic; Romskij@mail.ru.

