



Распространение данного метода обусловлено непрерывностью ведения технологического процесса и экономичностью очистки больших количеств газовых выбросов.

Таким образом, химическая промышленность Республика Беларусь является одной из самых крупных отраслей промышленности, и включает 7 отраслей, характеризующихся широким спектром производимых продуктов. Предприятия химической отрасли суммарно дают около 30 % от общереспубликанского объема выбросов в атмосферный воздух, включающих широкий спектр высокотоксичных веществ. Наибольший объем выбросов приходится на сернистый ангидрид. Для удаления  $\text{SO}_2$  из выбросов предприятий чаще всего применяется абсорбцию содовым раствором (содовый метод).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух за 1990-2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 22.03.2021.
2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/content/793.html>. – Дата доступа: 21.03.2021.
3. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник Т. 1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.

### ВОДОПОТРЕБЛЯЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ – НАПРАВЛЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

### WATER CONSUMPTION EQUIPMENT AT THE ENTERPRISES FOR THE PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS - DIRECTION OF OPTIMIZING WATER USE

**П. Н. Захарко**

**P. Zakharko**

*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
[polina.k.85@mail.ru](mailto:polina.k.85@mail.ru)*

*RUE «Central Research Institute for Complex Use of Water Resources», Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассмотрено основное водопотребляющее оборудование на предприятиях по производству молочных продуктов. Выделены факторы, оказывающие влияние на использование воды оборудованием, приведены возможные диапазоны водопотребления по оборудованию, которые указывают о возможности развития направлений по оптимизации водопользования на предприятии по производству молочных продуктов. Учитывая активное наращивание предприятиями по производству молочных продуктов последние 10 лет производственных мощностей, вопросы оптимизации водопользования становятся все более актуальными.

The article discusses the main water-consuming equipment at enterprises for the production of dairy products. The factors influencing the use of water by equipment are highlighted, possible ranges of water consumption by equipment are given which indicate the possibility of developing directions for optimizing water use at an enterprise for the production of dairy products. Taking into account the active increase of production capacities by enterprises for the production of dairy products over the past 10 years, the issues of optimizing water use are becoming more and more urgent.

*Ключевые слова:* водопотребляющее оборудование, диапазон водопотребления, водопользование.

Key words: water-consuming equipment, range of water consumption, water use.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-173-177>

Предприятия по производству молочных продуктов последние 10 лет активно наращивают объемы производства, расширяют ассортимент выпускаемой продукции, что сопровождается увеличением объемов использования воды питьевого качества на производственные нужды, а также объемов образования сточных вод.

Приведенная в статистическом сборнике «Промышленность Республики Беларусь» структура объема производства продуктов питания, напитков и табачных изделий в 2019 году [1] указывает, что производство молочных

продуктов находится на первом месте среди иных видов производства продуктов питания, напитков и табачных изделий (рисунок 1).



Рис. 1 – Структура объема производства продуктов питания, напитков и табачных изделий 2019 г.

Согласно данным государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) за 2019 г. проведен детальный анализ водопользования предприятий группы 105 «Производство молочных продуктов», который показал, что предприятия по производству молочных продуктов являются достаточно водоемкими и потребляют наибольший объем воды питьевого качества на производственные нужды, среди предприятий подсекции СА (таблица 1). В таблице 1 анализировались статистические данные государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) по 74 предприятиям молочной промышленности.

Таблица 1 – Показатели водопользования подсекции СА и группы 105 – «Производство молочных продуктов» за 2019 г.

Единица измерения	Добыча	Изъятие	Получено из системы водоснабжения другого лица	Сброшено сточных вод в водные объекты	Поля фильтрации	Выгреб	Технологические водные объекты	Система канализации другого лица
Подсекция СА – Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий								
млн. м <sup>3</sup>	44,066	4,390	12,822	8,398	7,246	0,758	0,21	33,807
Группа 105 – «Производство молочных продуктов»								
млн. м <sup>3</sup>	22,628	0,192	4,976	2,009	1,945	0,03	–	20,034
Соотношение значений группы 105 к значениям подсекции СА, %								
%	51	4	39	24	27	4	–	59

Сточные воды предприятий по производству молочных продуктов отводятся как напрямую в окружающую среду: водный объект, поля фильтрации, так и в систему централизованной канализации населенного пункта. Так, из 74 анализируемых предприятий 10 имеют выпуски сточных вод в водные объекты после очистных сооружений биологической очистки в искусственных условиях (объем сброса в 2019 г. составил 2 млн. м<sup>3</sup>/год или 24 % от общего объема сброса сточных вод в водные объекты предприятиями подсекции СА), 7 предприятий сбрасывают сточные воды на очистные сооружения биологической очистки в естественных условиях (карты полей фильтрации) (объем сброса в 2019 г. составил 1,9 млн. м<sup>3</sup>/год или 27 % от общего объема сброса сточных вод на поля фильтрации предприятиями подсекции СА). Зачастую сточные воды, сбрасываемые на карты полей фильтрации, не проходят даже предварительную очистку на сооружениях механической очистки (песколовка, первичный отстойник), что приводит к загрязнению подземных вод. Выпуски сточных вод после очистных сооружений биологической очистки в искусственных условиях в основном организованы в малые водотоки, расход которых меньше расхода сбрасываемых сточных вод. Тем самым сточные воды, сбрасываемые в окружающую среду от предприятий по производству молочных продуктов, оказывают существенную антропогенную нагрузку как по объему, так и по массе загрязняющих веществ.

Учитывая сформировавшуюся в последние пять лет динамику увеличения количества выпусков сточных вод от предприятий по производству молочной продукции в водные объекты, требуется более детальное изучение и регулирование водопользования на данных предприятиях.

Предприятия по производству молочных продуктов потребляют значительные объемы питьевой воды на следующие нужды:

- производственные нужды (расход воды на технологические нужды оборудования, санитарная обработка технологического оборудования, тары, автомолцистерн, охлаждение сырья и продуктов в различных теплообменных аппаратах, выработка пара и собственные нужды котельной и др.);

- вспомогательные нужды (охлаждение аммиачных компрессорных установок, нужды лаборатории, подпитка тепловых сетей и др.);

- хозяйственно-питьевые нужды (использование воды для питья, мойки посуды в столовой, мойки непроизводственных помещений, душевых нужд, стирки спецодежды и др.).

Более детальное изучение технологических процессов и используемого производственного оборудования позволило выделить факторы, влияющие на водопотребление и соответствующие диапазоны водопотребления по отдельному оборудованию.

В качестве примера рассмотрено четыре вида оборудования, при работе которых затрачивается около 95 % воды по статье «обеспечение технологических параметров работы оборудования».

#### *Гомогенизаторы*

Гомогенизаторы используются для гомогенизации молока - механическая обработка молока и жидких молочных продуктов с целью повышения дисперсности в них жировой фазы, что позволяет исключить отстаивание жира во время хранения молока, развитие окислительных процессов, дестабилизацию и подсывание при интенсивном перемешивании и транспортировании.

#### *Особенности водопотребления гомогенизатора*

1. Вода используется только в плунжерных гомогенизаторах. Плунжеры при работе сильно нагреваются от горячего продукта, который, проникая через уплотнение, присыхает к поверхности плунжеров. Поэтому в гомогенизаторах находится специальное смывное приспособление, через которое на плунжеры подается вода, смывающая продукт.

2. Несмотря на то, что остальные виды гомогенизаторов не используют воду, применение плунжерных гомогенизаторов наиболее распространено в связи с высокой эффективностью дробления жировых шариков.

#### *Фактор, влияющий на водопотребление при работе гомогенизатора*

1. Использование прямоточной системы обусловлено поступлением в воду остатков продукта, что затрудняет использование данной воды в оборотном цикле. Расходы воды находятся в диапазоне от 0,013 м<sup>3</sup>/час до 3 м<sup>3</sup>/час в зависимости от производительности и марки оборудования.

#### *Маслоизготовители и маслообразователи*

Маслоизготовители предназначены для получения масла методом сбивания сливок нормальной жирности (30...40 %), а маслообразователи - для получения масла из высокожирных сливок (до 80...82 %).

*Особенности водопотребления и факторы, оказывающие влияние на водопотребление маслоизготовителя и маслообразователя*

Использование воды в маслоизготовителе:

- в сбивателе имеется рубашка холодной воды для охлаждения цилиндров;

- для промывки масляного зерна в текстураторе (после удаления пахты масляное зерно промывается, вода для промывки удаляется из маслоизготовителя через отстойник);

- в текстураторе для охлаждения пахты и масляного зерна.

Использование воды в маслообразователе:

- в рубашке для охлаждения продукта;

- в случае перерыва в работе масло в цилиндрах затвердевает и для обогрева цилиндров в охлаждающую рубашку необходимо подать пар или горячую воду. Цилиндры после этого очищаются от продукта. Промывка цилиндров осуществляется горячей водой и специальными растворами.

Диапазоны расхода воды при работе маслоизготовителя составили от 1,5 м<sup>3</sup>/час до 3,5 м<sup>3</sup>/час, маслообразователя - от 0,5 м<sup>3</sup>/час до 2,5 м<sup>3</sup>/час.

#### *Вакуум-выпарные установки*

Вакуум-выпарная установка (ВВУ) предназначена для удаления влаги из сырья в результате его кипения при давлении меньше атмосферного и используется для концентрирования и сгущения молока (сыворок). Каждая ВВУ должна иметь парообразователь (греющую камеру); пароотделитель (сепаратор), где вторичный пар отделяется от капель молока; конденсатор для конденсации вторичного пара; конденсатоотводчик или насос для удаления конденсата и вакуум-насос для удаления воздуха.

#### *Система водоснабжения ВВУ*

Для охлаждения вакуум-выпарных установок предусматриваются оборотные системы водоснабжения.

Оборотная система водоснабжения функционирует следующим образом:

- в производственные установки подается охлажденная оборотная вода, которая, пройдя технологический цикл, нагревается;

- нагретая оборотная вода поступает в систему охлаждения – градирни (используются башенные, вентиляторные и др. градирни), где после охлаждения обратно подается на производственные установки;

- для заполнения системы оборотного водоснабжения и поддержания уровня воды в системе предусматривается ее подпитка питьевой водой.

### *Особенности водопользования*

1. ВВУ являются достаточно ресурсоемкими: постоянная подача первичного пара для нагрева сырья и воды для конденсации вторичного пара. При этом на ряде ВВУ не организована либо не используется, в силу загрязнения конденсата частицами продукта, система возврата конденсата первичного пара в котельную, что увеличивает водопотребление в котельной.

2. Расход первичного пара зависит от конструкции ВВУ:

- однокорпусный ВВУ – для выпаривания 1 кг влаги требуется 1 кг греющего пара (первичный пар);  
- двухкорпусный ВВУ – на 1 кг греющего пара (первичный пар) расходуется на 2 кг испаренной влаги (образующийся 1 кг вторичного пара поступает во второй корпус, где испаряет еще 1 кг влаги из молока, а сам пар конденсируется. Таким образом, 1 кг греющего пара, поступающего из котельной, испаряет 2 кг пара из молока, т. е. на 1 кг испаренной влаги расходуется 0,5 кг греющего пара, что вдвое меньше, чем в однокорпусных вакуум-аппаратах);

- трехкорпусный ВВУ – на 1 кг греющего пара (первичный пар) расходуется на 3 кг испаренной влаги;  
- использование термокомпрессора в двухкорпусном ВВУ позволяет испарить за счет 1 кг греющего пара 4 кг воды, т.е. сэкономить столько же пара, как при добавлении двух корпусов в многокорпусный аппарат.

3. Пленочные ВВУ меньше расходуют пара по сравнению с циркуляционными ВВУ: в пленочных ВВУ расход пара от 0,25-0,3 кг на 1 кг испаренной влаги, в циркуляционных – от 0,44 до 0,46 кг на 1 кг испаренной влаги. Расход пара на 1 кг испаренной влаги в пленочных ВВУ в 3 раза меньше, чем в циркуляционных ВВУ.

4. В ВВУ для компрессии вторичного пара могут использоваться термокомпрессор и механический компрессор. Коэффициент полезного действия термокомпрессора составляет 0,40-0,5, механической компрессии – до 0,95, что многократно снижает расход пара на испарение влаги и объем получаемого конденсата. Расход пара на испарение 1 кг влаги снижается до 13 раз при незначительном увеличении расхода энергии, в сравнении в ВВУ с термокомпрессией пара. Конденсат отсутствует или имеется в небольшом объеме.

5. При работе ВВУ образуется дополнительный поток – вторичный пар, который без использования или после использования сбрасывается в сети канализации.

### *Факторы, влияющие на водопотребление и водоотведение при работе ВВУ*

1. Наличие системы возврата конденсата первичного пара в котельную.  
2. Конструкция ВВУ - использование многокорпусных, пленочных с механической компрессией вторичного пара ВВУ значительно снижает расход 1 кг первичного пара на 1 кг испаренной влаги.

3. Применение ВВУ с использованием вторичного пара, наличие системы повторного использования вторичного пара (наружная мойка автомолцистерн).

4. Способ подогрева продукта – использование вместо водяного пара паров аммиака и фреона, что исключает использование воды в системе конденсации вторичного пара.

### *Диапазоны водопользования:*

1. Диапазон образования испаренной влаги (вторичного пара) от 2000 т/час до 20000 т/час.

2. Расход пара от 500 кг/час до 3850 кг/час.

3. Расход холодной воды для конденсации вторичного пара от 18 м<sup>3</sup>/час до 104 м<sup>3</sup>/час.

### *Сепараторы*

Сепарирование – процесс разделения полидисперсной или многокомпонентной жидкостной системы под действием центробежной силы.

По технологическому (производственному) назначению различают:

- сепараторы-молокоочистители;  
- сепараторы-сливкоотделители;  
- сепараторы специальных конструкций (сепараторы для получения высокожирных сливок; бактофуги; сепаратор, совмещенный с гомогенизатором и др.).

### *Особенности водопотребления и факторы, оказывающие влияние на водопотребление сепаратора:*

1. Сепараторы с ручной выгрузкой осадка требуют более частой остановки для выгрузки осадка, при которой осуществляется мойка барабана; сепараторы самовыгружающиеся используют воду только для выгрузки осадка, при этом весь барабан не моется и сепаратор не останавливается. Мойка самовыгружающегося сепаратора осуществляется чаще всего 1 раз в смену, после его полной остановки.

Продолжительность непрерывной работы сепаратора с ручной выгрузкой осадка зависит от объема приемника осадка и загрязненности молока и составляет от 2 до 2,5 часов. Продолжительность непрерывной работы самовыгружающегося сепаратора может составлять 8 часов, периодичность разгрузок сепаратора в среднем осуществляется через 15 минут, продолжительность разгрузки от 0,3 до 0,7 с.

2. При работе сепаратора (бактофуги) образуется дополнительный поток в систему канализации: осадок, который сбрасывается из сепаратора; бактофугат, который сбрасывается из бактофуги. Объем образования осадка при выгрузке сепаратора от 0,03% до 1% от объема сепарируемого молока; бактофугата при использовании двухфазной бактофуги - 3% от сепарируемого молока, однофазной бактофуги – около 0,15%.

3. При полной выгрузке осадка вместе с уплотненным осадком удаляется часть жидкой фазы, что может вызвать лишние потери продукта и неблагоприятно отразиться на процессе сепарирования молока.

При этом важно правильно отрегулировать время между разгрузками: при продолжительной работе саморазгружающегося сепаратора между разгрузками грязевое пространство заполняется осадком полностью, забиваются межтарелочные зазоры, качество очистки и разделения ухудшается; если сепаратор работает очень недолго, при разгрузке выбрасывается с осадком часть продукта, что увеличивает его потери и массу поступления загрязняющих веществ в систему канализации на стадии сепарирования.

Использование частичной выгрузки осадка позволяет избежать потерь молока, что снижает массу поступления загрязняющих веществ в систему канализации на стадии сепарирования.

Проведенный детальный анализ факторов, оказывающих влияние на использование воды оборудованием, указывает на возможности развития направлений по оптимизации водопользования на предприятиях по производству молочных продуктов. Кроме того, полученные данные могут быть в дальнейшем использованы для формирования нормативов водопотребления (водоотведения) по отдельным технологическим процессам, оборудованию, которые позволят предприятиям сформировать соответствующие мероприятия, направленные на рациональное водопользование.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический сборник «Промышленность Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 23.03.2021.

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ «ГОМЕЛЬБОИ» ОАО «ЦБК-КОНСАЛТ» FEATURES OF THE WATER SUPPLY AND DRAINAGE SYSTEMS OF THE GOMELOBOI COMPANY BY CBK-CONSULT

*К. С. Кусель, Е. С. Лён*  
*K. Kisel, E. Len*

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь  
kisel.kirill@gmail.com  
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Проведен анализ функционирования систем водоснабжения и водоотведения предприятия. Водоснабжение предприятия осуществляется из сети водопровода КПУП «Гомельводоканал» и из поверхностного водозабора – озера Шапор. Наиболее водоемким технологическим процессом является приготовление красок. В системе водоотведения предприятия функционируют локальные очистные сооружения на выпуске сточных вод дождевой канализации и очистные сооружения на выпуске производственных сточных вод. Также особенностью систем водоснабжения и водоотведения предприятия является то, что объектом водоснабжения и водоотведения является один и тот же водный объект – озеро Шапор, вода из которого перед использованием в технологических процессах подвергается очистке.

An analysis of the operation of the plant's water and drainage systems has been carried out. The water supply is provided from the Gomelvodokal water supply network and from the surface water intake, Lake Shapor. The most water-intensive process is the preparation of paints. The plant's drainage system operates local wastewater treatment plants for the production of rainwater wastewater and wastewater treatment plants for the production of wastewater. Also a feature of the plant's water and drainage systems is that the object of water supply and drainage is the same water facility - Lake Shapor, the water from which before use in technological processes is treated.

*Ключевые слова:* деревообрабатывающая промышленность, дождевая канализация, очистные сооружения, обои, сточные воды.

*Keywords:* woodworking industry, rain sewers, treatment plants, wallpaper, sewage.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-177-181>

Целлюлозно-бумажная промышленность - наиболее сложная отрасль лесного комплекса, связанная с механической обработкой и химической переработкой древесины. Она включает производство целлюлозы, бумаги, картона и изделий из них. Основное сырьё, которое используется в целлюлозной отрасли, это древесная масса и целлюлоза из хвойных и лиственных пород дерева. Конечным продуктом производства считается бумага различного качества, разноплановый картон с различными свойствами, а также изделия из данных материалов. Кроме этого предприятия выпускают древесноволокнистые плиты (ДВП) и изоляционно-волокнистое сырьё.