

Таблица 4 – Основные показатели красок и грунтовок

Наименование показателя	Величина показателя	
	краска	грунтовка
Условная вязкость по ВЗ-246 (d= 4 мм) при (20±0,5)°С, с	40–160	40–160
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	30	30
Время высыхания до степени 3 при (20±2)°С, ч, не более	24	24
Плотность, г/см ³ , не менее	1,3	1,2
Укрывистость высушенного покрытия, г/м ² , не более	100	-
Блеск, %, не менее	10	-
Коэффициент диффузного отражения (белизна) покрытия для белого цвета, %	76–78	
Степень перетира, мкм	15–20	15–20
Прочность покрытия («грунт-краска») при ударе по прибору типа У-1, см, не менее	25	
Твердость покрытия по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед., не менее	0,2	
Эластичность покрытия при изгибе, мм	8–10	8–10
Адгезия к стали, баллы, не более	1	1
Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-краска») к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С, ч	48	
Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-краска») к статическому воздействию 3%-го водного раствора хлорида натрия при температуре (20±2)°С, ч	48	
Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-краска») к статическому воздействию бензина и индустриального масла при температуре (20±2)°С, ч	48	
Устойчивость покрытия (система «грунт-краска») к воздействию переменных температур, циклов	20	
Условная светостойкость покрытия (изменение коэффициента диффузного отражения), %	0,8–1,2	
Сопrotивление паропроницанию (система «грунт-краска») покрытия, м ² ·ч·Па/мг	2,0–2,4	

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. -352 с.
4. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
5. Тур, Э.А. Акриловое покрытие для антикоррозионной защиты стальных конструкций / Э.А. Тур, В.А. Халецкий, Е.К. Антонюк // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий : материалы докладов Республиканского научно-технического семинара, Минск, 6–7 декабря 2011 г. / БГТУ; под ред. И.М. Жарского [и др.]. – Минск: БГТУ, 2011. – С. 142–145.
6. Тур, Э.А. Антикоррозионная защита стальных конструкций предприятий машиностроения акриловыми материалами / Э.А. Тур, Н.М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 106–108.

Материал поступил в редакцию 20.02.2018

TUR E.A., BASOV S.V. Corrosion protection of building constructions, used in water-management construction

Specific types of corrosion of metals are characteristic for hydraulic structures and structures of water management construction. The authors have developed a formulation of anticorrosive paints and primers in various colors based on acrylic copolymers. The developed system "paint-primer" is designed for protective and decorative painting of steel surfaces exposed to atmospheric effects in areas of moderate, moderately cold and cold climates. As a passivating agent, the composition of the primer formulation includes a composition consisting of zinc orthophosphate and zinc oxide. The main component is a film-forming (copolymer of butyl acrylate and methyl methacrylate) creates a non-porous elastic solid paint film. Protective and decorative coating can be used on the border of water-air, retains adhesive strength in conditions of high humidity.

УДК 628.32: 54

Левчук Н. В., Новосельцева А. Г.

УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ МЕТОДОМ ИЗВЕСТКОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ ОСАДКОВ В ГИДРОЦИКЛОНАХ

Введение. На предприятиях пищевой промышленности при обработке сырья в составе сточных вод содержится избыточное количество фосфорсодержащих веществ, значительно превышающих нормативные показатели. В частности, на предприятии ОАО «Белсолод» при производстве солода в результате замачивания и промывки зерна образуются периодические залповые сбросы с концентрациями, превышающими установленные нормативы, для фосфатов более 11,7 мг/дм³ в разбавленном стоке и содержанием взвешенных веществ более 450 мг/дм³. В результате исследований

было установлено, что содержание фосфатов в воде после первичного замачивания достигает 60 мг/л.

Для перевода фосфат-ионов в состояние труднорастворимых веществ сточные воды обрабатываются различными реагентами и в результате создаются условия для прохождения необходимых химических реакций. В процессе таких реакций при гидролизе могут образовываться средние, кислые соли, а так же комплексные соединения различного содержания.

Кроме того, одним из способов удаления фосфатов является коа-

Левчук Наталья Владимировна, к. т. н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Анна Геннадьевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

гуляция с последующим осаждением. Фосфаты могут быть удалены из обрабатываемой воды осаждением солей Fe^{3+} или Al^{3+} . Изучение процессов самопроизвольного осаждения фосфатов в лабораторных условиях осуществляется, как правило, при высоких концентрациях и значениях pH, которые не характерны для природных водоемов.

Добавление к воде, содержащей фосфаты, ионов Fe^{3+} может привести к образованию: 1) фосфатов состава $nFePO_4 \cdot mFe(OH)_3$, 2) $Fe(OH)_3$ или $FeOОН$ и адсорбции фосфатов на поверхности этих гидроксидов, 3) коагуляции взвешенных твердых примесей и фосфатов полиядерными продуктами гидролиза Fe^{3+} [1].

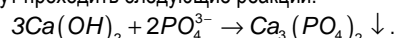
Однако предварительные исследования по использованию железо- и алюминосодержащих коагулянтов не показали высоких результатов. Образование осадка происходило медленно и в течение 12 часов осаждения, исследуемые пробы напоминали суспензии. Кроме того, такие коагулянты значительно снижают pH, способствуя коррозии арматуры и выходу из строя насосов и другого оборудования.

Поскольку образуемый сток, в преобладающем количестве отобранных проб из замочных чанов, усреднителя расходов и выпускного колодца, имеет слабокислую среду, находящуюся в пределах от 5,5 до 6,2, было предложено нейтрализовать его методом известкования, кроме того, использование извести в качестве нейтрализующего реагента позволяет снижать концентрацию фосфатов, содержащихся в ПСВ.

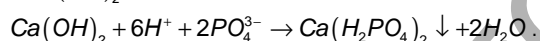
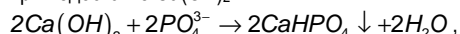
При известковании фосфатсодержащих сточных вод в результате химических реакций и гидролизе солей могут образовываться следующие соли: $Ca_3(PO_4)_2$, $CaHPO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2$.

Как следует из таблицы произведения растворимости, из солей $Ca(H_2PO_4)_2$, $CaHPO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$ – значения ПР которых $1 \cdot 10^{-3}$, $2,7 \cdot 10^{-7}$, $2 \cdot 10^{-29}$ соответственно, наименьшую растворимость имеет $Ca_3(PO_4)_2$, поэтому, при добавлении реагента, при незначительных дозах $Ca(OH)_2$ первоначально, происходит образование осадков $Ca_3(PO_4)_2$ [2].

Кроме того, при образовании осадков с использованием извести могут проходить следующие реакции:



При недостатке $Ca(OH)_2$:



Исходя из наименьшего значения произведения растворимости и уравнений реакций, была рассчитана минимальная доза извести – 0,1 г. на литр. Однако такое количество извести приводит к увеличению содержания взвешенных веществ, при этом образование и осаждение осадка происходит очень медленно, что в свою очередь требует увеличения времени осаждения и дополнительных методов удаления взвеси. При увеличении дозы CaO до 1 г/л резко возрастает значение pH, что требует дополнительной нейтрализации стока, при этом количество выпавшего осадка увеличивается до 25 мл в мерном цилиндре объемом 100 мл. Полное осаждение осадка происходит в течение 6 часов. В таблице 1 приведены полученные опытным путем значения взвешенных веществ, pH и фосфатов при различной дозе извести, с целью нахождения оптимальной дозы извести.

Таблица 1 – Определение оптимальной дозы извести

Показатель	Значение до нейтрализации	Значение после нейтрализации CaO		
		Доза CaO, г/л		
		1	0,5	0,1
pH	5,98	10,3	9,3	6,8
Фосфаты, мг/л	55	-	5	10
Взвешенные вещества, мг/л	224	меньше нормативной	308	519

На основании полученных в результате эксперимента данных было принято установить дозу извести от 0,2 до 0,5 г/л. После отстаивания и известкования, при дозе CaO 0,2 г/л, содержание фосфатов снижалось в среднем до 5 мг на литр в пробах с исходным содержанием фосфатов 60 мг/л. В дальнейшем, с целью экономии реагента, необходимо регулировать дозу извести в зависимости от значения

pH, т. к. при значениях pH 5,5 дозу извести необходимо увеличивать до 0,3–0,4 г/л, при повышении значения pH в исходной воде доза извести снижается до минимальной 0,1–0,2 г/л.

В процессе водоподготовки или очистки сточных вод при расчете оптимальной дозы реагента снижается время пребывания воды в реакторе и уменьшается его объем.

В связи с тем, что исходный сток имеет разное pH, различное содержание взвешенных веществ и фосфатов, было предложено несколько вариантов схем обработки сточных ОАО «Белсолгод» методом известкования, с целью снижения загрязняющих веществ и регулирования pH перед сбросом в городскую сеть города.

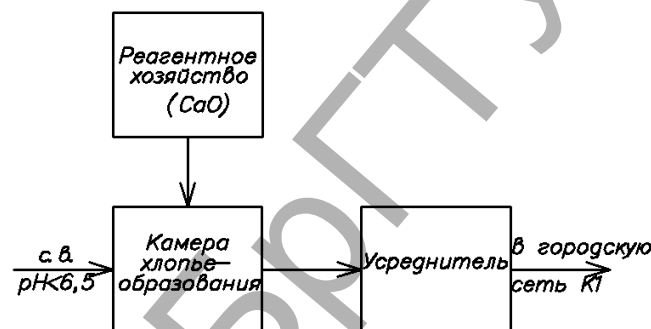


Рисунок 1 – Схема использования камеры хлопьеобразования в процессе удаления взвешенных веществ при pH < 6,5

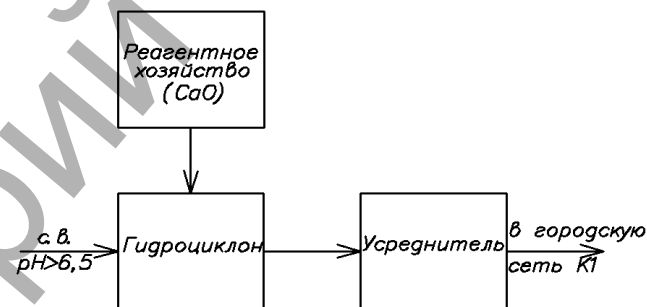


Рисунок 2 – Схема использования гидроциклона в процессе удаления взвешенных веществ при pH > 6,5

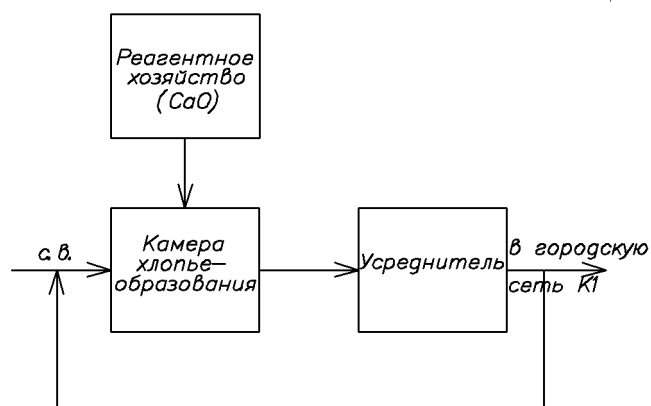


Рисунок 3 – Схема с использованием очищенной сточной воды с целью разбавления стока

Более подробно была рассмотрена вторая схема (рис. 2) с использованием гидроциклонов при повышенном содержании взвешенных веществ и pH > 6,5 в исходной сточной воде.

С целью ускорения процесса образования и осаждения осадка было предложено использовать гидроциклоны. Гидроциклоны используются для очистки воды от механических примесей и включений. Гидроциклон задерживает песок, окалину, мелкие камни, взвеси и другие твердые частицы в воде и часто используется как фильтр первой стадии очистки [3].

Для снижения затрат на реагенты и с целью экономичного режима работы устройств по очистке ПСВ было предложено использовать оборотную систему очистки сточных вод, позволяющую разбавлять наиболее загрязненный залповый сброс, перед сбросом в сеть бытовой канализации.

Максимальный залповый сброс составляет 215 м³, следующий сброс осуществляется через 8 часов. Следовательно, часовой расход ПСВ, после первого (условно) сброса, составляет 27 м³ в час. За этот период после первой (условно) замочки ячменя, пройдя реагентную обработку, состав сточных вод должен соответствовать нормативным показателям. Исходя из среднечасового расхода сточных вод, осуществляется подбор и расчет оборудования.

Перед сбросом сточных вод в усреднитель, а также в сеть бытовой канализации необходимо осуществлять контроль показателя рН, т. к. в зависимости от рН устанавливается доза реагента, необходимая для нейтрализации стока. Оптимальные концентрации СаО рекомендованы ранее, либо могут определяться расчетным путем, непосредственно перед сбросом. При этом установлено, что низкие концентрации реагента способствуют увеличению содержания взвешенных веществ, которые могут быть удалены физико-механическими методами очистки, например в центрифугах, гидроциклонах, сепараторах. Эксплуатация оборудования производится в соответствии с рекомендациями и инструкциями поставщика оборудования. В качестве такого оборудования могут быть рекомендованы гидроциклоны ПВО – ГЦ 1100. Принцип работы напорного гидроциклона основан на отделении твердых включений от потока жидкости в поле центробежных сил. Корпус установки имеет конусообразную форму. Вход очищаемого потока организуется в основании конуса через касательный патрубок. Внутри корпуса образуется два круговых потока: внешний – направлен вдоль стенок к вершине конуса; внутренний – направлен в противоположную сторону. При спиральном движении твердые включения отбрасываются центробежной силой к стенкам аппарата и спускаются через вершину конуса в шламонакопитель. Часть жидкости внешнего потока выходит из аппарата вместе с осадком. Другая часть отводится во внутреннюю область установки. Спиральное движение жидкости в гидроциклоне создает зону разрежения, которая увлекает очищенную часть внутреннего потока и выводит через центральное выходное отверстие [3].

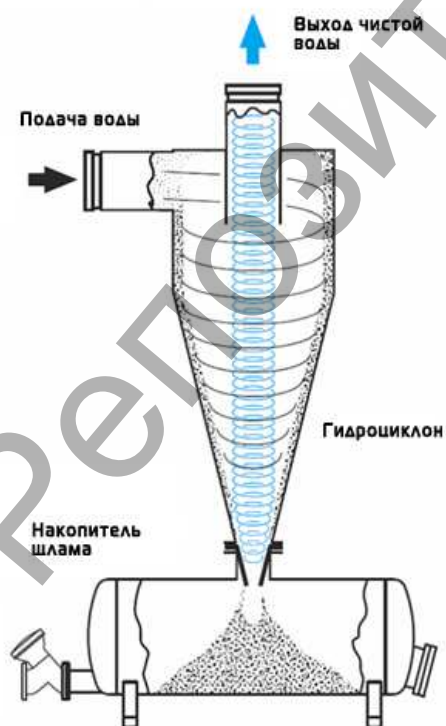


Рисунок 4 – Схема гидроциклона ПВО-ГЦ-1100

Преимущества гидроциклонов: компактность установки, отсутствие подвижных элементов, высокая степень очистки от твердых частиц (гидроциклон обеспечивает очистку до 90% механических примесей), высокая скорость очистки, в процессе работы не используются какие-либо реагенты, возможность полной автоматизации работы, возможность подобрать необходимую для конкретных условий производительность установки.

При оптимально высоких концентрациях реагента осаждение происходит достаточно быстро и может осуществляться в отстойнике. Для определения времени образования осадка и отстаивания необходимо дальнейшее изучение седиментационных свойств образующейся взвеси.

В связи с этим можно рекомендовать несколько возможных вариантов обработки ПСВ:

Перед сбросом в усреднитель, при низких значениях рН, сточная вода смешивается с реагентом, до достижения нормативного значения, затем поступает в отстойник. После чего очищенная до нормативов сточная вода поступает в усреднитель расхода ПСВ, разбавляя каждый следующий сброс до установленных нормативов.

При значениях рН, близких к нормативным с высоким содержанием взвешенных веществ, сточная вода из усреднителя смешивается с реагентом, затем поступает на физико-механическую обработку (например) в напорные гидроциклоны, после чего возвращается в усреднитель, разбавляя следующий сброс.

Целесообразно рассмотреть вариант реконструкции усреднителя, оборудуя его секцией для отстаивания стоков.

Заключение. Поскольку основной объем ПСВ имеет кислую среду, для нейтрализации стока необходимо использовать щелочные реагенты. В качестве такого реагента использовался СаО. Рекомендуются использовать в качестве нейтрализующих реагентов соединения кальция, т.к. ПСВ имеют повышенное содержание фосфат-ионов и взвешенных веществ, которые при действии Са²⁺, Са(ОН)₂ способны образовывать осадки. Видимый процесс образования осадков ПСВ начинается при минимальных дозах СаО от 0,1 кг на 1 м³ сточной воды. Также экспериментально исследовались дозы реагента СаО: 0,5 кг на 1 м³, 1 кг на 1 м³, и максимальная доза 5 кг на 1 м³.

Установлено, что при малых дозах СаО (0,1 и 0,5 кг на 1 м³) процесс образования и осаждения осадков протекает медленно и требует интенсификации. Кроме того, процесс образования осадков ПСВ первоначально приводит к увеличению содержания взвешенных веществ. Однако даже при неполном осаждении осадков ПСВ наблюдается снижение содержания фосфат-ионов с 40 мг/л до 5 мг/л, после известкования максимальной дозой 5 кг на 1 м³ содержание фосфат-ионов снижается до 2,5 мг/л (зерно датского производства 1-е сутки замачивания).

Предложенный метод снижения содержания фосфатов и взвешенных веществ в сточных водах на предприятиях пищевой промышленности при известковании стока с последующим удалением осадка в гидроциклонах, а также использование различных технологических схем разбавления стоков очищенной таким методом сточной воды может быть эффективно использован на различных предприятиях, где содержание фосфатов и взвешенных веществ многократно превышает установленные нормативы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Химия промышленных сточных вод / Под ред. А.М. Рубина; пер с англ. – М.: Химия, 1983. – 360 с.
2. Тихонова, И.О. Экологический мониторинг водных объектов / И.О. Тихонова, Н.Е. Кручина, А.В. Десятов – М.: Форум НИЦ ИНФРА-М, 2012. – 152 с.
3. Башаров, М.М. Устройство и расчет гидроциклонов: учебное пособие / М.М. Башаров, О.А. Сергеева; под ред. А.Г. Лаптева. – Казань: Вестфалика, 2012. – 92 с.

Материал поступил в редакцию 02.04.2018

LEVCHUK N.V., NOVOSILTSEVA A.G. Removal of phosphates by the liming method, followed by treatment of precipitation in hydrocyclones

The article describes the method of liming to remove phosphates and suspended solids in the food industry, followed by the treatment of precipitation on hydrocyclones. Schemes of possible processing of sewage with use of cameras of a hlopyeobrazovaniye, hydroclones and use of already purified water for the purpose of dilution of a drain are provided. The optimum dose of the alkalizing reagent is defined.

УДК 628.316.12:663.43

Тур Э. А., Левчук Н. В., Басов С. В.

ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА СТАДИИ ЗАМАЧИВАНИЯ ЗЕРНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА, И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Введение. Объектом исследования являлись сточные воды ОАО «Белосолод» (г. Иваново Брестской области), образующиеся на разных стадиях замачивания ячменя для производства солода. Периодически возникали превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ на выпуске в городскую канализационную сеть в производственных стоках предприятия. Нормативы по данным показателям приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормативы, по которым периодически возникали превышения ПДК

№ п/п	Наименование показателя	Норма показателя
1	Водородный показатель (рН)	6,5-8,5
2	Взвешенные вещества, не более, мг/дм ³	450,0
3	ХПК, не более, мг/дм ³	1500,0
4	Фосфаты, не более, мг/дм ³	11,4

Целями исследований являлись:

а) анализ стоков на всех этапах технологического процесса производства солода с определением мест и выявлением причин появления загрязняющих веществ;

б) разработка мероприятий по недопущению превышения ПДК загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод на выпуске в сети коммунальной канализации без строительства локальных очистных сооружений. Решения не должны отрицательно влиять на основной технологический процесс, состояние технологического оборудования.

Система водоснабжения предприятия предусмотрена для обеспечения водой хозяйственно-бытовых, производственных и противопожарных нужд предприятия.

Источником водоснабжения является городской водопровод. Вода, поступающая для производства солода, соответствует действующим СТБ Республики Беларусь.

Сброс сточных вод предприятия производится по наружным сетям канализации диаметром 150–500 мм в резервуар-усреднитель вместимостью 1000 м³. Так как сбросы сточных вод является залповыми, в резервуаре происходит усреднение расходов стоков и концентрации их загрязнения. Для равномерного поступления сточных вод в городскую канализацию стоки подаются собственной канализационной станцией (КНС) производительностью 142 м³/ч, расположенной на промплощадке предприятия, в городскую канализацию по одной из веток Ø200 мм на очистные сооружения. Работа насосов автоматизирована по уровню воды в приемном резервуаре. Установленный лимит сброса сточных вод составляет 250 м³/ч или 1400000 м³/год.

При производстве солода с применением воды происходят процессы проращивания и замачивания ячменя. Замачивание, мойку и дезинфекцию ячменя производят партиями по 350 т через 16 часов одновременно в 8 стальных цилиндрических замочных чанах первых суток, емкостью 85 м³ каждый. Количество чанов всего в замочном отделении – 24 шт. Замочные чаны оборудованы системами подачи и слива воды, шестью воздухоподкалками для подачи сжатого воздуха через внешние кольца. Для более активного вентилирования и качественной мойки ячменя чаны первых суток снабжены эрлифтными трубами, к которым подводится сжатый воздух от воздухоподкалок. Удаление углекислого газа осуществляют индивидуально 24 вентиляторами.

Продолжительность замачивания ячменя с двумя воздушными паузами от 35 до 60 часов. Влажность замоченного ячменя от 37%. Температура в слое зерна – от 12 до 18 °С.

Технологический процесс замачивания ведется в автоматическом режиме с использованием программного управления (для замачивания ячменя с двумя воздушными паузами приведен в таблице 2).

На производство одной партии солода расходуется 350 тонн зерна. Выход солода составляет 280 т с одной партии. Процесс замачивания ячменя является периодическим и происходит в три стадии. В каждой стадии задействованы 8 чанов объемом 85 м³. На первой стадии перед загрузкой ячменя чаны обмываются водой в течение 15 минут из шланга с расходом воды 1,6 м³/час, а после выгрузки ячменя – в течение часа. Таким образом, расход воды на мойку оборудования 1-й стадии составит 16 м³.

После мойки чаны заполняются на 1/3 водой с расходом воды 89 л/с в течение 45 минут. Вода подается по технологическому трубопроводу одновременно во все чаны. Расход воды на заполнение чанов на 1/3 составит 240,3 м³.

В чаны с водой высыпается ячмень, который в течение 1 часа промывается водой с расходом 47 л/с. За это время чаны заполняются водой и происходит смыв загрязнений и сплава. Расход воды на смыв сплава 169,2 м³. В результате смыва сплава из ячменя удаляются так называемые «мертвые зерна», количество которых составляет 0,1-0,2% от общей массы ячменя. После смыва сплава вода сливается в канализацию и происходит продувка зерна через эрлифт, после чего чаны снова наполняются водой 45 минут с расходом 89 л/с и затем зерно промывается водой в течение часа с расходом воды 47 л/с. Расход воды на первую промывку составит 169,2 м³. Расход воды на заполнение чанов составляет 240,3 м³. После первой промывки зерно снова продувается воздухом через эрлифт и промывается второй раз водой в течение 30 минут с тем же расходом воды 84,6 м³. После первой промывки вода из чана сливается в канализацию. Чаны с зерном снова заполняются водой в течение 45 минут с расходом воды 89 л/с. Расход воды на заполнение чанов составит 240,3 м³.

После наполнения чанов происходит продувка зерна через эрлифт, после чего зерно промывается водой в течение часа с расходом воды 47 л/с. Расход воды на первую промывку составит 169,2 м³. После третьей промывки вода из чана сливается в канализацию. Чаны с зерном снова заполняются водой в течение 45 минут с расходом воды 89 л/с. Расход воды на заполнение чанов составит 240,3 м³.

После наполнения чанов водой происходит продувка зерна воздухом через форсунки. В начале операции в чаны в течение 4-х минут вносится дезраствор и промывочная вода из линии дезинфекции, которая промывается 3 минуты. Расход воды на внесение дезинфицирующего раствора составит 19,74 м³.

Далее зерно в течение 2-х часов снова продувается воздухом через форсунки с циклами – продувка и пребывание зерна под водой по 20 минут на каждый процесс. Затем вода сливается в канализацию. На первой стадии замачивания влажность зерна увеличивается с 15 до 30%, т. е. тонна зерна поглощает 0,15 тонны воды. Таким образом, посчитать количество поглощенной воды на первой стадии замачивания можно по следующей формуле $350 \times 0,15 = 52,5$ т (м³).

После первой стадии замачивания зерно направляется в следующие 8 чанов на вторую стадию – воздушную паузу. На этой стадии вода используется только для мойки оборудования. Расход воды на мойку чанов такой же как и на первой стадии – 16 м³. После воздушной паузы зерно направляется на третью стадию – водяная пауза с аэрацией. Кроме мойки оборудования (расход воды аналогичен 1-й стадии – 16 м³) вода расходуется на заполнение чанов водой – по 30 м³ на каждый чан. Определим количество воды, необходимое для замачивания зерна на 3-й стадии: $8 \times 30 = 240$ м³.