МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК С БЛОЧНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ ФИЛЬТРОВ (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ)

МУ 34-70-032-83

СПО
СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1984

gost.e-ecolog.ru

Р А З Р А Б О Т А Н О Всесоюзным дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом им.Ф.Э.Дзержинского

И С П О Л Н И Т Е Л И А.М.ПРОХОРОВА, Г.В.ЕФИМОВ, Е.И.МУРАХОВСКАЯ

С О Г Л А С О В А Н О с Главным управлением по проектированию и научно-исследовательским работам

Главный инженер В.К.ГУСЕВ

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем

Начальник управления В.И.ГОРИН

Настоящие Методические указания предназначены для персонала проектных и наладочных организаций, а также эксплуатационного персонала электростанций.

По разработанному алгоритму составлена рабочая программа, которая может быть заказана во ВТИ им.Ф.Э.Дзержинского.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Общие положения 3
2. Исходные данные для проектирования технологической части обессоливающих установок 4
3. Основные положения алгоритма I8
4. Алгоритм расчета вариантов 2I
5. Исходная информация и информация, полученная в результате расчета по алгоритму 25
6. Пример расчета обессоливающей установки 27
Список использованной литературы 44

© СПО Союзтехэнерго, I984.

УДК 628.16-66.074.7

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК С БЛОЧНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ ФИЛЬТРОВ (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ)

МУ 34-70-032-82

Срок действия установлен
с 01.10.82 г.
до 01.10.87 г.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. В основу Методических указаний положены исходные данные по технологии обессоливания воды и алгоритм расчета установок с блочным включением фильтров. При их составлении использован опыт эксплуатации водоочисток ряда электростанций, научные разработки ВТИ [1,2] и методические рекомендации ТЭП, ХО ТЭП и ВНИПИэнергопрома.

Методика расчета рабочей схемы обессоливающей установки с учетом конкретного оборудования, арматуры и расценок на них разработана ХО ТЭП.

I.2. За критерий оптимальности рассчитываемого технологического варианта схемы обессоливающей установки приняты затраты на иониты и реагенты на I $м^3$ очищенной воды с учетом нейтрализации сточных вод. Эти затраты, по данным ВТИ [2], составляют 40-50%.

Указанные технологические затраты являются определяющими по отношению к остальным составляющим приведенных затрат и поддаются оптимизации как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации обессоливающих установок.

I.3. Минимальная себестоимость обессоленной воды при прочих равных условиях достигается при работе:

- со скоростями, близкими к максимально допустимым (интенсификация работы оборудования);
- с минимально возможным количеством блоков фильтров для заданной производительности обессоливающей установки (сокращение капитальных затрат и затрат на обслуживание);

- с наименьшим перерасходом ионитов во второй ступени обессоливания, что достигается правильным выбором продолжительности работы блока фильтров до отключения на регенерацию - продолжительности ионирования (снижение затрат на иониты и реагенты);

- с оптимальными удельными расходами реагентов (снижение затрат на реагенты).

Все перечисленные факторы учитываются соответствующим построением алгоритма расчета.

I.4. Принимая во внимание специфику выбора оборудования и удобства компоновки для конкретной обессоливающей установки, алгоритм предлагает набор технологических решений, близких к оптимальным, с различным оборудованием (различным количеством блоков фильтров и их типоразмерами) и с различными технологическими параметрами работы (высотами загрузки фильтров фильтрующими материалами, скоростями фильтрования, удельными расходами реагентов) для окончательного выбора приемлемого решения.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ОБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

2.I. Обессоливающие установки с блочным включением фильтров рекомендуется проектировать как по основным принципиальным схемам водоподготовки, представленным на рис.I и 2, так и по другим обоснованным вариантам схем с учетом качества сырой исходной воды, требований к качеству обработанной воды, параметров пара и типов котлов. Для исходных вод поверхностных водоисточников следует предусматривать предварительную очистку воды в осветлителях.

2.2. Исходные данные, необходимые для выбора технологии *Н*-катионирования и катионитов для ее осуществления, зависят от способа регулирования температуры перегретого пара.

При регулировании температуры перегретого пара котлов с применением впрыска питательной воды необходимо пользоваться следующими исходными данными:

2.2.I. При содержании катионов натрия в исходной воде (вода перед *Н*-катионитными фильтрами) менее 0,5 мг-экв/л и суммарной концентрации анионов сильных кислот не более 2 мг-экв/л применяется ступенчато-противоточная технология катионирования с использованием в качестве катионита в обоих фильтрах (предвключенном и основном) сульфоугля (см.рис.I,*б*,*е* и рис.2,*а*,*б*).

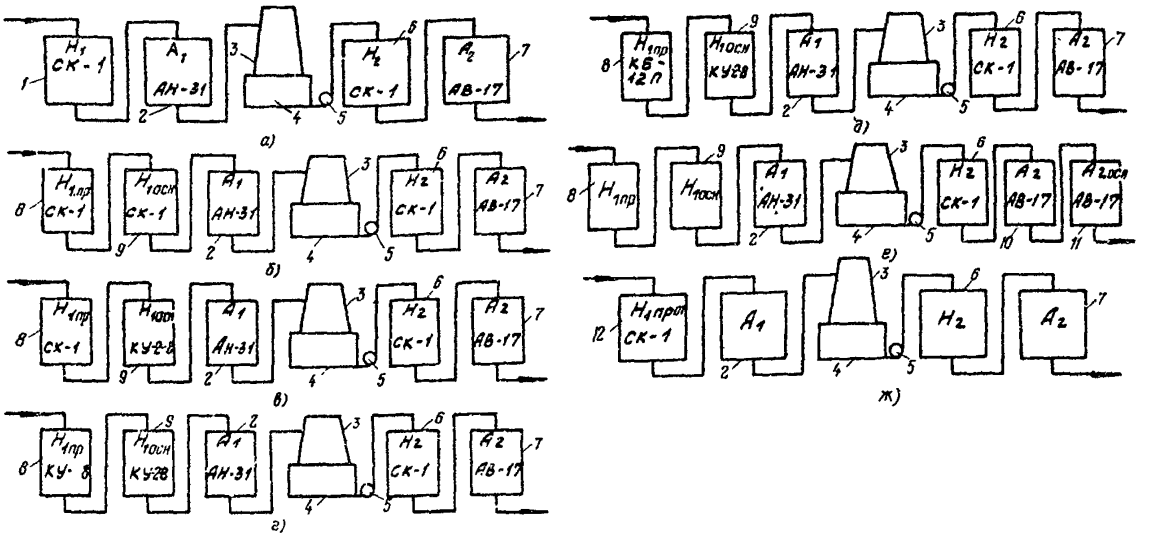


Рис.I. Основные принципиальные схемы обессоливающих установок с блочным включением фильтров:

а – схема установки с прямоточной технологией ионирования; *б, в, г, д* – схемы установок со ступенчато-противоточной технологией на первой ступени катионирования; *е* – схема установки со ступенчато-противоточной технологией на первой ступени катионирования и второй ступени анионирования; *ж* – схема установки с противоточной технологией на первой ступени *Н*-катионирования;

I – *Н*-катионитный фильтр первой ступени H_1; 2 – анионитный фильтр первой ступени A_1; 3 – декарбонизатор; 4 – бак декарбонизованной воды; 5 – насос декарбонизованной, частично обессоленной воды; 6 – *Н*-катионитный фильтр второй ступени H_2; 7 – анионитный фильтр второй ступени A_2; 8 – предвключенный *Н*-катионитный фильтр первой ступени $H_{1пр}$; 9 – основной *Н*-катионитный фильтр первой ступени $H_{1осн}$; I0 – предвключенный анионитный фильтр второй ступени $A_{2пр}$; II – основной анионитный фильтр второй ступени $A_{2\ осн}$; I2 – противоточный *Н*-катионитный фильтр первой ступени $H_{1прот}$

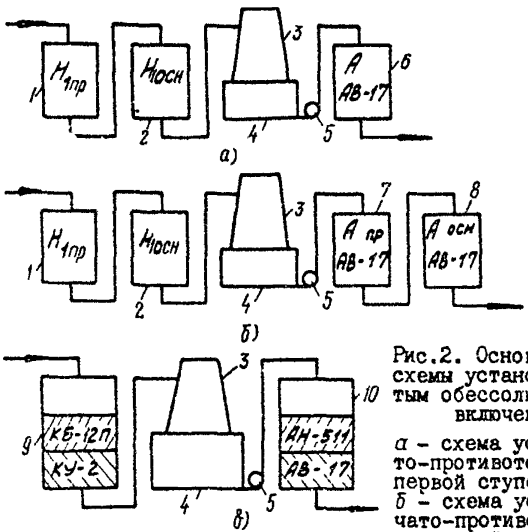


Рис.2. Основные принципиальные схемы установок с одноступенчатым обессоливанием с блочным включением фильтров:

а - схема установки со ступенчато-противоточной технологией на первой ступени катионирования; *б* - схема установки со ступенчато-противоточной технологией на первой ступени катионирования и анионирования; *в* - схема установки с двухслойной технологией ионирования; I - предвключенный *Н*-катионитный фильтр первой ступени; 2 - основной *Н*-катионитный фильтр первой ступени; 3 - декарбонизатор; 4 - бак декарбонизованной воды; 5 - насос декарбонизованной, частично обессоленной воды; 6 - анионитный фильтр второй ступени; 7 - предвключенный анионитный фильтр второй ступени; 8 - основной анионитный фильтр второй ступени; 9 - двухслойный *Н*-катионитный фильтр; IO - двухслойный анионитный фильтр

2.2.2. При содержании катионов натрия в исходной воде 0,5-I мг-экв/л и суммарной концентрации анионов сильных кислот 2-5 мг-экв/л применяется ступенчато-противоточная технология катионирования с использованием в первом по ходу воды фильтре сульфоугля, а во втором фильтре - катионита КУ-2-8 (см.рис.I,*б*, *е* и рис.2,*а*, *б*).

2.2.3. При содержании катионов натрия в исходной воде более I мг-экв/л и суммарной концентрации анионов сильных кислот 2-5 мг-экв/л применяется ступенчато-противоточная технология катионирования, но с использованием в обоих фильтрах катионита КУ-2-8 (см.рис.I,*г*,*е*).

2.2.4. В случае предварительного коагулирования исходной воды с содержанием натрия до I,5 мг-экв/л и суммарной концентрации анионов сильных кислот не более 3 мг-экв/л и при соотношении $\frac{HCO_3}{\sum A^*} = 0{,}4 \div 0{,}8$ применяется ступенчато-противоточная технология катионирования (в двух фильтрах - предвключенном и основном) с использованием карбоксильного и сильнокислотного катионитов, а также противоточная двухслойная технология ионирования (см.рис.I,*д* и рис.2,*б*).

2.3. При регулировании температуры перегретого пара котлов с применением впрыска конденсата насыщенного пара следует пользоваться следующими исходными данными:

2.3.I. При содержании в исходной воде катиона натрия менее 0,5 мг-экв/л и суммарной концентрации анионов сильных кислот не более I мг-экв/л *Н*-катионирование таких вод осуществляется либо в одну ступень по прямоточной (обычной) технологии, либо по отупенчато-противоточной технологии. В качестве катионита в обоих случаях во всех фильтрах используется сульфоуголь (см.рис.I,*а*,*б* и рис.2,*а*,*б*).

2.3.2. При содержании в исходной воде катионов натрия 0,5-I мг-экв/л и суммарной концентрации анионов сильных кислот до 3 мг-экв/л применяется противоточное или ступенчато-противоточное *Н*-катионирование (см.рис.I,*ж*, и рис.2,*а*,*б*). В качестве катионита во всех фильтрах используется сульфоуголь.

2.3.3. При содержании в исходной воде катионов натрия более I мг-экв/л и суммарном содержании анионов сильных кислот 2-5 мг-экв/л применяется также ступенчато-противоточная технология *Н*-катионирования с использованием в предвключенных фильтрах сульфоугля, а в основных - катионита КУ-2-8 (см.рис.I,*б*, рис.2, *а*,*б*). Для исходных вод с соотношением $\frac{HCO_3}{\sum A} = 0{,}4 \div 0{,}8$ применяется ступенчато-противоточное катионирование с использованием карбоксильного катионита и катионита КУ-2-8, а также технология противоточного двухслойного катионирования (см.рис.I,*д* и рис.2,*б*).

2.3.4. При суммарном содержании в исходной воде анионов сильных кислот более 5,0 мг-экв/л и независимо от концентрации катио-

---

*Все обозначения см.табл.I.

нов натрия следует применять ступенчато-противоточное катионирование с использованием в обоих фильтрах катионита КУ-2-8.

2.4. В состав блока фильтров входят все ионитные фильтры и декарбонизатор, за исключением фильтров смешанного действия (ФСД), поскольку эти фильтры регенерируются значительно реже.

2.5. В целях сокращения удельных расходов серной кислоты при обессоливании воды для первой ступени *Н*-катионирования применяется ступенчато-противоточная технология [в двух последовательно соединенных фильтрах ($H_{1пр} - H_{1осн}$)] или противоточное двухслойное катионирование.

2.6. При использовании в *Н*-катионитных фильтрах первой ступени пары катионитов-сульфоуголь и КУ-2-8 - высоту слоя КУ-2-8 в основном фильтре следует принимать не ниже I м и не выше I,9 м.

2.7. Высоту слоя сульфоугля в предвключенном *Н*-катионитном фильтре первой ступени и его диаметр следует выбирать с учетом обеспечения возможно меньшего удельного расхода серной кислоты на регенерацию *Н*-катионитных фильтров при обессоливании воды.

2.8. При загрузке в *Н*-катионитные фильтры первой ступени катионита КУ-2-8 высота его слоя в предвключенном и основном фильтрах должна быть одинаковой и не менее I м и не более I,9 м.

2.9. В анионитных фильтрах первой ступени следует применять слабоосновный анионит АН-3I. При этом высота слоя анионита в фильтре должна быть не менее 0,8-I м и не более I,8 м.

2.I0. В *Н*-катионитных фильтрах второй ступени преимущественно следует применять сульфоуголь при высоте слоя I-I,5 м.

2.II. В анионитных фильтрах второй ступени при прямоточной (обычной) технологии анионирования (в развернутых схемах) используется сильноосновный анионит АВ-I7-8 (или его аналоги АВ-I7Д и АВ-I7И). При ступенчато-противоточном анионировании в предвключенном и основном фильтрах применяется анионит АВ-I7-8. Высота слоя при этом в обоих аппаратах должна быть не менее 0,8-I м и не более I,5 м.

2.I2. В анионитных фильтрах одноступенчатых схем обессоливания (см.рис.2,*а*,*б*) при обычной технологии анионирования следует использовать анионит АВ-I7-8. При ступенчато-противоточной технологии в первом по ходу воды фильтре возможно применение сильноосновного анионита АВ-29 или АВ-29П (П тип) или слабоосновного анионита АН-5II, АН-3IГ. Высота слоя анионитов в анионитных фильтрах второй ступени должна быть не менее 0,8-I м и не более I,5 м.

2.I3. В схемах с двухслойным (противоточным) ионированием (см.рис.2,*б*) в *Н*-катионитном фильтре следует использовать макропористый слабокислотный катионит КБ-I2П и сильнокислотный катионит КУ-2-8, в анионитном фильтре - макропористый слабоосновный анионит АН-5II и сильноосновный анионит АВ-I7-8. Катиониты и аниониты разных типов загружаются в соответствующие фильтры в равных объемах (I:I). Общую высоту загрузки катионитов, как и общую высоту загрузки анионитов в соответствующих фильтрах, следует принимать не менее 2 м.

2.I4. В целях сокращения избыточного расхода ионитов на загрузку фильтров и приближения к одинаковой расчетной длительности цикла ионирования по катионитным и анионитным фильтрам в цепи обессоливания рекомендуется установка ионитных фильтров разного диаметра. В этом случае скорость пропуска регенерирующих веществ и скорость воды при отмывке фильтров с соблюдением максимально допустимых скоростей фильтрования обрабатываемой воды не должны отличаться от оптимальных более чем на 35%.

2.I5. При выборе количества фильтров и их диаметров, кроме требований п.2.I4, следует учитывать скорости фильтрования воды в соответствии с нормами технологического проектирования:

- для *Н*-катионитных фильтров первой ступени с катионитом КУ-2-8 и сульфоуглем - до 30 м/ч;

- для анионитных фильтров первой ступени с анионитом АН-3I - до 20 м/ч, с анионитами АН-3IГ, АН-5II, АНВ и другими гранулированными материалами - до 30 м/ч;

- для анионитных фильтров второй ступени с анионитами АВ-I7-8, АВ-I7И или АВ-I7Д, включая и анионитный фильтр второй ступени в одноступенчатых схемах-до 30 м/ч;

- для катионитных фильтров второй ступени с сульфоуглем или катионитом КУ-2-8 - до 50 м/ч.

2.I6. Расчетные значения обменной емкости ионитов следует принимать:

2.I6.I. Для сульфоугля в предвключенных *Н*-катионитных фильтрах первой ступени - 200 г-экв/м^3 независимо от соотношения эквивалентов $\frac{HCO_3}{\sum A}$ в поступающей воде;

2.I6.2. Для сульфоугля в *Н*-катионитных фильтрах второй ступени - 200 г-экв/м^3 при расходе I00%-ной серной кислоты на регенерацию - не менее 20 кг на I м^3 катионита.

2.I6.3. Для катионита КУ-2-8 в основных *Н*-катионитных фильтрах первой ступени для пары катионитов-сульфоуголь и КУ-2-8 - по данным рис.3 при расходе I00%-ной серной кислоты (нарастающей концентрации 70 кг на I м^3 катионита.

2.I6.4. Для пары катионитов КУ-2-8 и КУ-2-8 в *Н*-катионитных фильтрах первой ступени (ступенчато-противоточная технология) при равных объемах загруженного катионита в обоих фильтрах - по данным рис.4 при расходе I00%-ной серной кислоты (нарастающей концентрации) 70 кг на I м^3 катионита КУ-2-8 в основном фильтре первой ступени.

2.I6.5. Для пары катионитов КБ-I2П и КУ-2-8 в *Н*-катионитных фильтрах первой ступени (ступенчато-противоточная технология) при равных объемах загруженных катионитов в фильтрах - по данным рис.5 при расходе I00%-ной серной кислоты 70 кг на I м^3 катионита КУ-2-8 и концентрации кислоты I,5 и 3%.

2.I6.6. Для пары катионитов КБ-I2П и КУ-2-8 в двухслойном противоточном *Н*-катионитном фильтре - по данным рис.6 и 7 при расходе I00%-ной серной кислоты I00 кг на I м^3 катионита КУ-2-8 и концентрации кислоты I,5%.

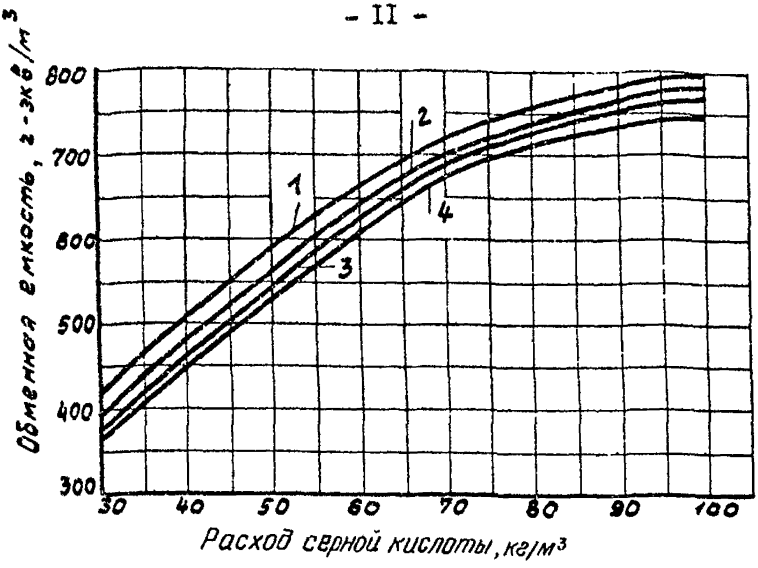
2.I6.7. Для катионита КУ-2-8 в случае его применения в *Н*-катионитных фильтрах второй ступени - 400 г-экв/м^3 при расходе I00%-ной серной кислоты 50 кг на I м^3 катионита.

2.I6.8. Для анионита АН-3I в фильтрах первой ступени - по данным рис.8 при расходе I00%-ного едкого натра 50 кг на I м^3 анионита.

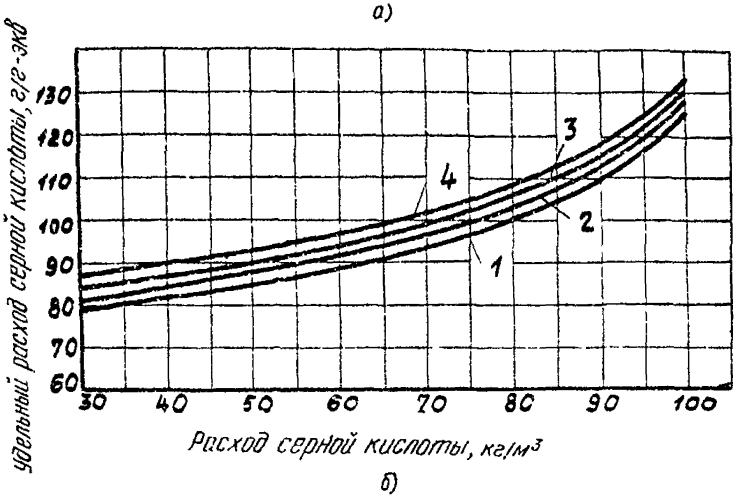
2.I6.9. Для анионита АВ-I7-8 в фильтрах второй ступени при обычной технологии - по графику рис.9 при расходе I00%-ного едкого натра I00 кг на I м^3 анионита с поправкой на скорость фильтрования по графику рис.I0.

2.I6.I0. Для анионита АВ-I7-8 в фильтрах второй ступени(ступенчато-противоточная технология) - по данным рис.II с поправкой на скорость фильтрования по графику рис.I0.

2.I7. Продолжительность регенерации и отмывки блока фильтров следует рассчитывать с учетом времени, необходимого для проведения всех операций восстановления (взрыхление фильтрующего материала фильтров, регенерация его кислотой и щелочью, отмывка и домывка фильтров), а также времени на переключение запорной арматуры. В том случае, когда регенерация кислотой и щелочью проводится параллельно, в расчете принимается большее значение продолжительности операции.



а)

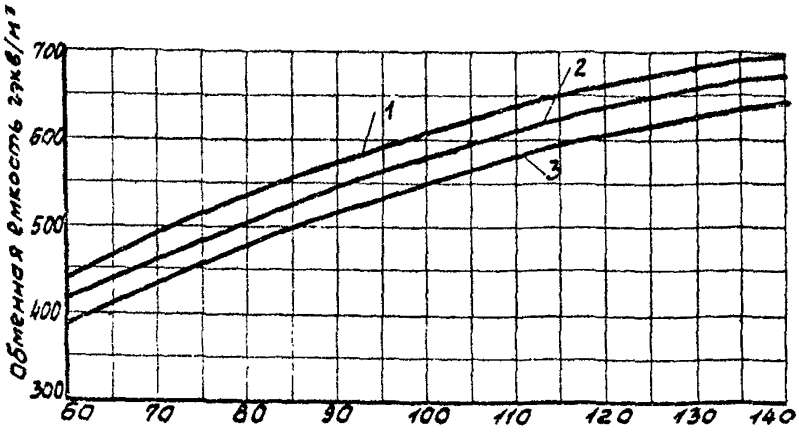


б)

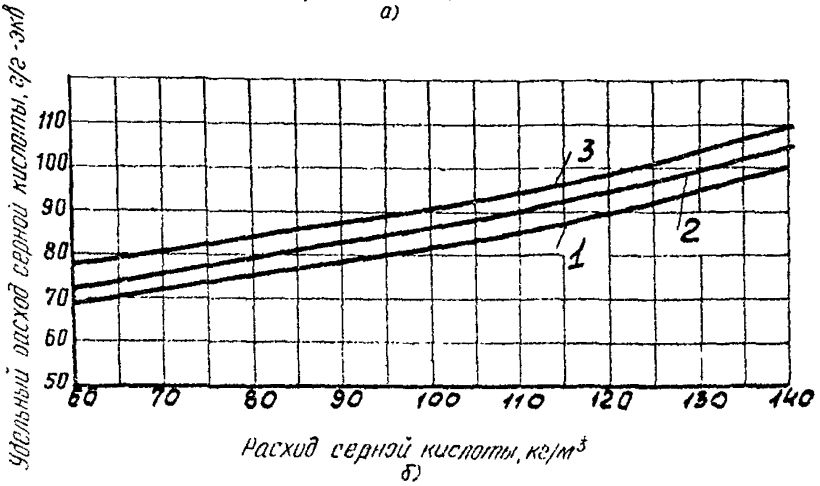
Рис.3. Обменная емкость катионита и удельный расход серной кислоты на регенерацию катионита КУ-2-8 для *Н*-катионитного фильтра первой ступени при регенерации раствором серной кислоты нарастающей концентрации: 1,5 - 2; 3 - 4 и 6-7%-ной:

а - зависимость обменной емкости от абсолютного расхода серной кислоты; *б* - зависимость удельного расхода серной кислоты от абсолютного ее расхода;

1,2,3,4 - значения ΣK соответственно 1;5;10 и 15, мг-экв/л



а)



б)

Рис.4. Обменная емкость катионитов и удельный расход серной кислоты на регенерацию пары катионитов КУ-2-8 и КУ-2-8 при соотношении загруженного объема катионитов в фильтрах I:I и растворе серной кислоты нарастающей концентрации: I,5-2; 3-4 и 6-7%-ной:

а - зависимость обменной емкости катионита от абсолютного расхода серной кислоты; *б* - зависимость удельного расхода серной кислоты от абсолютного ее расхода;

I,2,3 - значения ΣK , соответственно 4,8,I2 мг-экв/л

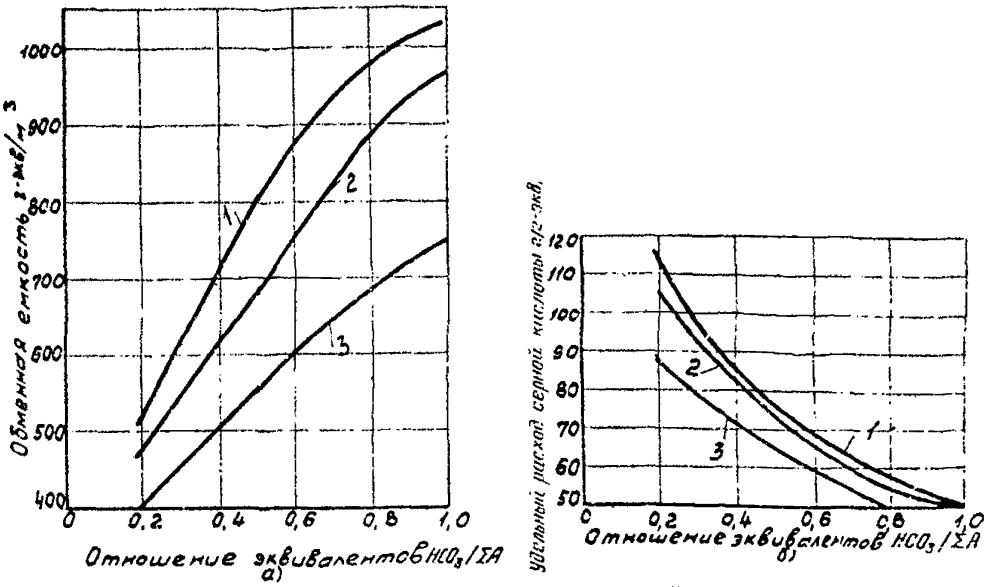


Рис.5. Обменная емкость катионитов и удельный расход серной кислоты на регенерацию пары катионитов КБ-12П и КУ-2-8 при ступенчато-противоточной технологии катионирования (соотношение загруженных объемов катионитов I:I):

а – зависимость обменной емкости катионитов от отношения эквивалентов $HCO_3/\Sigma A$; *б* – зависимость удельного расхода серной кислоты от отношения эквивалентов $HCO_3/\Sigma A$;

I,2,3 – расход серной кислоты соответственно I20, I00, 70 кг на I м³ катионита КУ-2-8

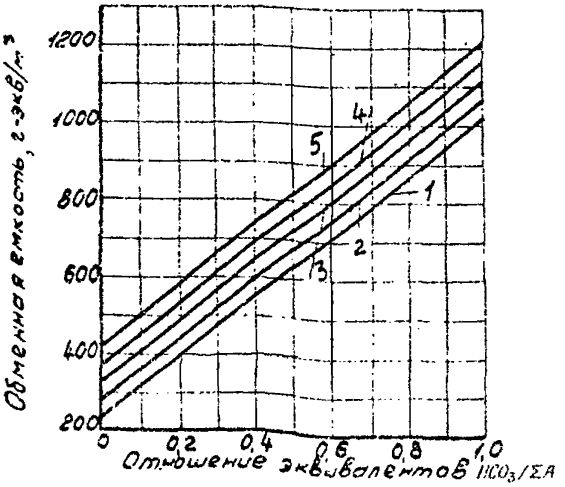


Рис.6. Обменная емкость пары карбоксильного и сильнокислотного катионитов двухслойного фильтра при соотношении загруженных объемов катионитов I:I:

I, 2,3,4 и 5 – расход серной кислоты соответственно I00, I20, I40, I60 и I80 кг на I м³ катионита КУ-2-8

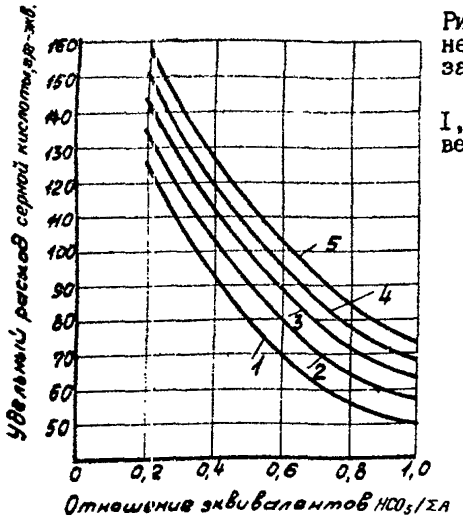


Рис.7. Удельный расход серной кислоты на регенерацию двухслойного фильтра при соотношении загруженных объемов карбоксильного и сильнокислотного катионитов I:I:

I,2,3,4 и 5 - расход серной кислоты соответственно I00, I20, I40, I60 и I80 кг на I м³ катионита КУ-2-8

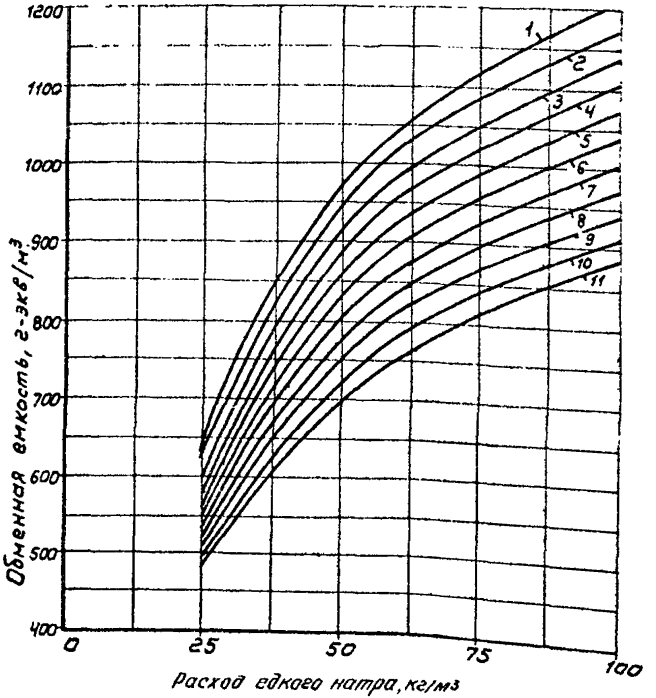


Рис.8. Обменная емкость анионита АН-3I по серной и соляной кислотам при общей концентрации их 0,5-I0 мг-экв/л и различных соотношениях кислот (значения для расчета берутся при расходе едкого натра 50 кг на I м³ анионита):

I,2,3,4,5,6,7,8,9,I0 и II - соотношение серной и соляной кислот соответственно: I00 и 0; 90 и I0; 80 и 20; 70 и 30; 60 и 40; 50 и 50; 40 и 60; 30 и 70; 20 и 80; I0 и 90; 0 и I00%

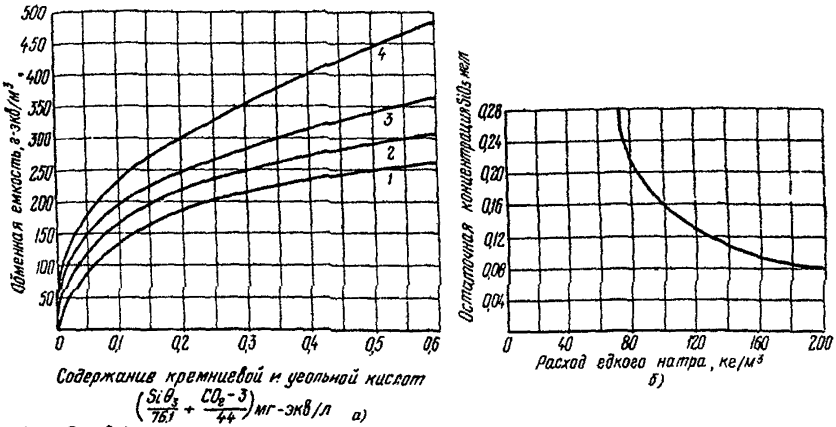


Рис.9. Обменная емкость анионита АВ-I7-8 по иону $HSiO_3^-$ для анионитного фильтра второй ступени при обескремнивании воды (при остаточной концентрации SiO_3^{2-} в обессоленной воде не более 0,I5 мг/л) и остаточная концентрация SiO_3^{2-} в фильтрате (значения емкости по иону $HSiO_3^-$ даны с учетом концентрации свободной углекислоты в поступающей на фильтр воде 3 мг/л):

а - зависимость обменной емкости анионита АВ-I7-8 по иону $HSiO_3^-$ от содержаний кремниевой и угольной кислот;

I,2,3,4 - расход едкого натра соответственно I00,I50,200 и 300 кг на I м³ анионита; 76,I и 44,0 - эквивалентная масса одновалентных кремниевой и угольной кислот;

б - зависимость остаточной концентрации SiO_3^{2-} в фильтрате от расхода едкого натра

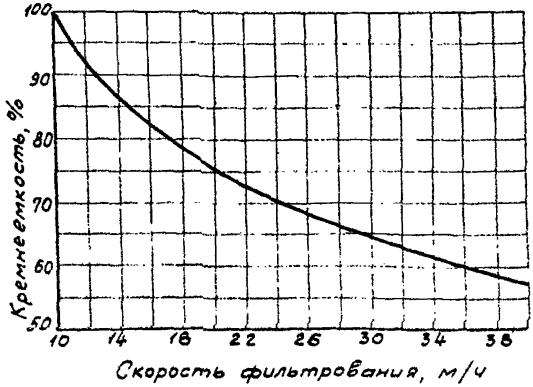


Рис.I0. Зависимость кремнеемкости анионита АВ-I7-8 от скорости фильтрования

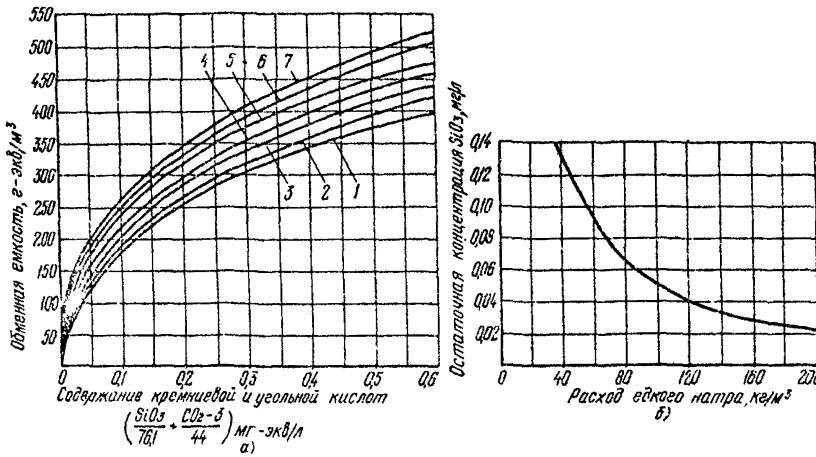


Рис.II. Обменная емкость анионита АВ-I7-8 по иону $HSiO_3$ для ступенчато-противоточной технологии обескремнивания воды и остаточная концентрация SiO_3 в фильтрате:

а - зависимость обменной емкости анионита от содержания кремниевой и угольной кислот;

I,2,3,4,5,6,7 - расход едкого натра соответственно 50,75,I00,I50, 200,250 и 300 кг на I м³ анионита;

б - зависимость остаточной концентрации SiO_3 в фильтрате от расхода едкого натра

2.I8. При проектировании обессоливающих установок с блочным включением фильтров количество последних, как правило, должно быть не менее трех, включая и резервный блок фильтров на случай ремонта. Для каждой установки предусматривается два фильтра для гидроперегрузки фильтрующего материала.

2.I9. Для отмывки ионитных фильтров при последовательной регенерации A_2-A_1 и H_2-H_1 используется обессоленная вода. Удельный расход обессоленной воды (для развернутых схем) на отмывку сильноосновного анионита (до щелочности 0,8-I мг-экв/л) и катионита (до кислотности 0,8-I мг-экв/л) следует принимать по I0 м³ на I м³ ионита (I0 м³/м³), загруженного в A_2 и H_2 - фильтры. Далее ионитные фильтры второй ступени домываются частично обессоленной водой по замкнутому контуру H_2-A_2-$Б_{ч.о}$-$H_{ч.о}$-H_2 ($Б_{ч.о}$ и $H_{ч.о}$ - соответственно бак и насос частично обессоленной воды).

На домывку анионитного фильтра первой ступени используется H-катионированная вода из расчета I2 м^3/м^3. При последовательной отмывке H_2 и H_1 фильтров с расходом воды I0 м^3/м^3 (считая на катионит H-катионитных фильтров второй ступени) происходит отмывка катионита в основном H-катионитном фильтре первой ступени до требуемой степени. На домывку предвключенных H-катионитных фильтров первой ступени следует принимать расход осветленной воды I м^3/м^3.

2.20. Для отмывки основных H-катионитных фильтров в одноступенчатых (упрощенных) схемах обессоливания следует использовать обессоленную воду из расчета: для катионита КУ-2-8 - 6,5 м^3/м^3, для сульфоугля - 4,5 м^3/м^3.

Для доотмывки предвключенных H-катионитных фильтров необходимо применять осветленную воду в количестве 2,5 м^3/м^3.

2.2I. Для отмывки анионитных фильтров второй ступени с одним анионитом АВ-I7-8 следует использовать обессоленную воду в количестве I5 м^3/м^3.

При ступенчато-противоточной технологии на отмывку основных анионитных фильтров следует применять обессоленную воду в количестве 8 м^3/м^3, а на домывку предвключенных фильтров - H-катионированную воду в количестве I0 м^3/м^3.

2.22. Для отмывки катионитов в двухслойном фильтре следует использовать обессоленную воду в количестве 8 м^3/м^3, для отмывки анионитов предусматривать расход воды I2 м^3/м^3.

2.23. При выполнении предварительного технологического расчета обессоливающей установки с блочным включением фильтров полная производительность по обессоленной воде $Q_{бр}$ подсчитывается с учетом расхода воды на собственные нужды, определяемого по графику рис.I2 в зависимости от качества обрабатываемой воды.

Технологический расчет считается законченным, если разница между значениями расходов на собственные нужды по обессоленной воде, полученными в предварительном и окончательном расчетах, не превышает 5%.

2.24. С целью экономии расхода воды на собственные нужды обессоливающей установки целесообразно после взрыхления фильтрующих материалов направлять ее в бак осветленной воды.

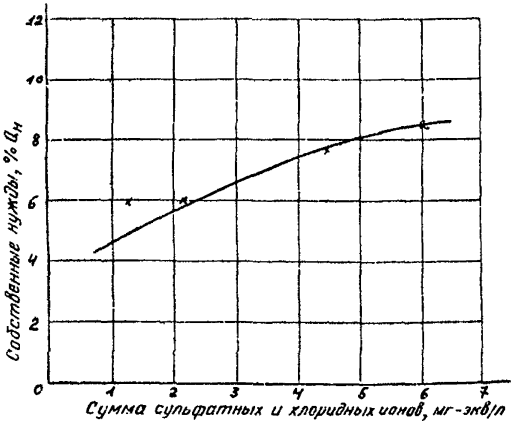


Рис.I2. Зависимость расхода обессоленной воды на собственные нужды установки от суммарного содержания в исходной воде сульфатных и хлоридных ионов

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ АЛГОРИТМА

3.I. Для технологического расчета обессоливающих установок с блочным включением фильтров с использованием ЭВМ разработан алгоритм. Условные обозначения, применяемые в алгоритме, приведены в табл.I.

Таблица I

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Производительность обессоливающей установки без учета собственных нужд	$Q_н$	$м^3/ч$
Производительность обессоливающей установки с учетом собственных нужд	$Q_{бр}$	$м^3/ч$
Площадь сечения фильтра	F	$м^2$
Объем загруженного ионита в фильтре	V	$м^3$
Высота загрузки ионита в фильтре	h	м
Расчетная скорость фильтрования	U	м/ч
Обменная емкость ионита	E	$г\text{-}экв/м^3$
Продолжительность ионирования блока фильтров (продолжительность рабочего фильтра)	T	ч

Продолжение таблицы I

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Продолжительность регенерации блока фильтров	$t_{рег}$	ч
Скорость пропуска раствора кислоты при регенерации Н-катионитных фильтров	$v_к$	м/ч
Скорость пропуска раствора щелочи при регенерации анионитных фильтров	$v_щ$	м/ч
Абсолютный расход 100%-ной кислоты для регенерации Н-катионитных фильтров	$Ф_к$	кг/м^3
Абсолютный расход 100%-ного едкого натра для регенерации анионитных фильтров	$Ф_щ$	кг/м^3
Удельный расход 100%-ной кислоты для регенерации Н-катионитных фильтров	$р_к$	г/г-экв
Удельный расход 100%-ного едкого натра для регенерации анионитных фильтров	$р_щ$	г/г-экв
Удельный расход воды на отмывку и домывку фильтра	d	м^3/м^3
Суммарная концентрация катионов в осветленной воде	ΣK	мг-экв/л
Суммарная концентрация анионов в анионируемой воде	ΣA	мг-экв/л
Остаточное содержание 100%-ной кислоты в регенерационных водах после Н-катионитных фильтров за одну регенерацию	$\Delta Р_к$	кг
Остаточное содержание 100%-ного едкого натра в регенерационных водах после анионитных фильтров за одну регенерацию	$\Delta Р_щ$	кг
Расход кислоты на одну регенерацию Н-катионитных фильтров	$Х_к$	кг
Расход едкого натра на одну регенерацию анионитных фильтров	$Х_щ$	кг
Продолжительность отмывки фильтра	$t_{отм}$	ч
Расход обессоленной воды на приготовление раствора кислоты трех концентраций на регенерацию Н-катионитных фильтров	$В_{к_1}; В_{к_2}; В_{к_3}$	м^3
Расход обессоленной воды на приготовление 4%-ного раствора едкого натра на одну регенерацию анионитных фильтров	$В_щ$	м^3
Расход обессоленной воды на отмывку и домывку ионитных фильтров блока на одну регенерацию	$В; В_д$	м^3

Окончание таблицы I

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Расход воды на взрыхление фильтрующего материала фильтров на одну регенерацию	$B_{в_з}$	м^3
Расход обессоленной воды на собственные нужды блока фильтров на одну регенерацию	$B_{о.в}$	м^3
Расход H-катионированной воды на собственные нужды блока фильтров на одну регенерацию	$B_{кат}$	м^3
Расход осветленной воды на собственные нужды блока фильтров на одну регенерацию	$B_{осв.в}$	м^3
Количество сточных вод блока фильтров, подлежащих нейтрализации за одну регенерацию	C	м^3
Номер рассматриваемого фильтра блока фильтров	i	-
Принятый номер фильтра по убыванию радиусов из числа серийно выпускаемых	j	-
R-радиус фильтра	R	м
Количество блоков фильтров в обессоливающей установке	$N_{бл}$	шт.
Количество фильтров в блоке фильтров	$N_{ψ}$	шт.
Необходимое количество извести для нейтрализации сточных вод	X_{CaO}	кг
Стоимость извести для нейтрализации сточных вод	K_{CaO}	руб/кг
Количество регенерационных узлов на обессоливающую установку	$N_{уз}$	шт.
Себестоимость I м^3 обессоленной воды	S	руб/м^3

3.2. Число рассчитываемых алгоритмом вариантов построения обессоливающей установки определяется направленным варьированием следующих ее параметров:

3.2.I. Продолжительность ионирования блока фильтров от $T_{макс}$ до $T_{мин}$.

3.2.2. Количества блоков фильтров для каждой фиксированной по п.3.2.I продолжительности в пределах от $N_{бл.макс}$ до $N_{бл.мин}$.

3.2.3. Диаметров отдельных фильтров блока для каждого фиксированного по п.3.2.2 количества блоков фильтров в диапазоне выпускаемых типоразмеров или принимаемых к рассмотрению от $R_{макс}$ до $R_{мин}$.

Смысл и методика определения $T_{макс}$ и $T_{мин}$, $N_{бл.макс}$ и $N_{бл.мин}$ приведены соответственно в пп.4.I, 4.2 и 4.3.

Таким образом, общее количество (набор) вариантов построения обессоливающей установки для заданной производительности составит:

$$n_{общ} = nT \times nN \times nR ,$$

где nT, nN, nR - число вариантов, определяемое соответственно пп.3.2.I, 3.2.2 и 3.2.3.

3.3. В связи с особенностью работы спаренных фильтров $H_{1пр} - H_{1осн}$ (единый проскок, а следовательно, и продолжительность ионирования) в первой части алгоритма оба эти фильтра принимаются за один условный H_1, загруженный катионитом КУ-2-8. При этом необходимая высота загрузки условного H_1 -катионитного фильтра первой ступени (в том числе максимальная и минимальная высота) определяется как

$$h_1 = h_{1пр}\frac{E_{1пр}}{E_{1осн}} + h_{1осн} = h_{су}\frac{E_{су}}{E_{ку-2-8}} + h_{ку-2-8} .$$

Обратная формула пересчета на $h_{1осн}$: $h_{1осн} = h_{1усл} - h_{1пр}\frac{E_{1пр}}{E_{1осн}}$.

При этом высоту загрузки предвключенного фильтра $H_{i\,пр}$ рекомендуется принимать максимально возможной (п.6.4.7).

3.4. Производительность обессоливающей установки с учетом расхода воды на собственные нужды определяется по формуле

$$Q_{бр} = Q_н\left(1 + \frac{K_{сн}}{100}\right),$$

где $K_{сн}$ - коэффициент расхода обессоленной воды на собственные нужды обессоливающей установки, определяется по рис.I2.

4. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВАРИАНТОВ

В соответствии с положениями, приведенными в пп.3.2-3.4, алгоритм расчета вариантов построения обессоливающей установки с блочным включением фильтров предусматривает следующий порядок действий:

4.I. Определение границ варьирования продолжительности ионирования блока фильтров $T_{макс}$ и $T_{мин}$.

4.I.I. Для каждого i -го фильтра, входящего в состав блока фильтров, рассчитывается минимально возможная продолжительность ионирования:

$$T_{мин.i} = \frac{h_{мин.i}\, E_i}{u_i\, U_{макс.i}} ,$$

где $h_{мин.i}$ - минимально допустимая высота загрузки ионитами i-го фильтра;

E_i - рабочая обменная емкость ионита в i-м фильтре, выбранная согласно п.2.I6;

u_i - сумма ионов, подлежащих задержанию в i-м фильтре; определяется качеством исходной воды и нормами ведения технологического процесса;

$U_{макс.i}$ - максимально допустимая скорость фильтрования через i-й фильтр (см.указания п.2.I5).

4.I.2. Из всех вычисленных минимальных значений продолжительности ионирования выбирается наименьшее в качестве минимальной границы варьирования продолжительности ионирования TT при расчете набора вариантов.

4.I.3. Для каждого i-го фильтра блока фильтров рассчитывается максимально возможная продолжительность ионирования:

$$T_{макс.i} = \frac{h_{макс.i}}{u_i\, U_{макс.i}} = T_{мин.i}\, \frac{h_{макс.i}}{h_{мин.i}} ,$$

где $h_{макс\,i}$ - максимально допустимая высота загрузки i-го фильтра.

4.I.4. Из всех вычисленных максимальных значений продолжительности ионирования выбирается наименьшее в качестве максимальной границы варьирования продолжительности фильтрования блока фильтров $TM = (T_{макс.i})_{мин} + 1$.

4.2. Расчет вариантов построения обессоливающей установки с фиксированной продолжительностью ионирования блока фильтров.

Начиная с минимальной границы варьирования TT, выбранной в п.4.I.2, с шагом варьирования продолжительности Δt (обычно Δt = = I ч) до максимальной границы TM, выбранной в п.4.I.4, выполняется следующий порядок действий:

4.2.I. Определяется минимально возможное количество блоков фильтров для данной производительности при фиксированной по п.4.2 продолжительности ионирования T.

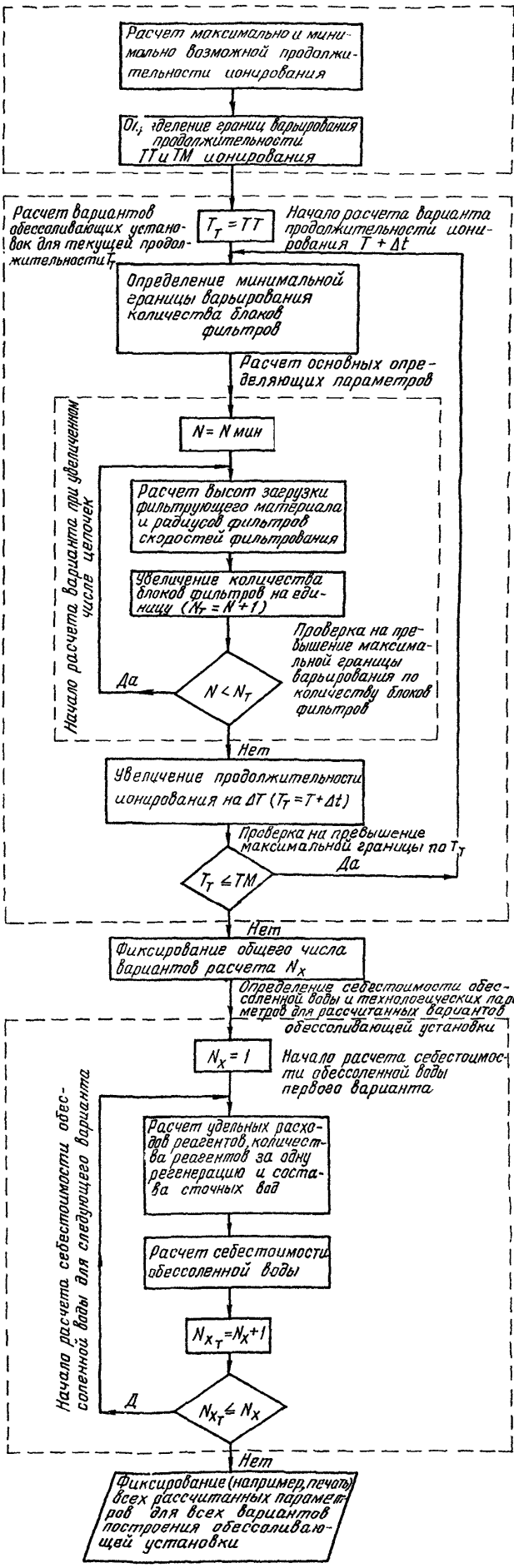


Рис.I4. Блок-схема алгоритма расчета обессоливающей установки с блочным включением фильтров

$$N_{бл.мин} = \frac{Q_{бр}(T + t_{рег})}{(3{,}14 R_j^2 U_{макс} T)} ,$$

где $Q_{бр} = Q_н \cdot K_{сн}$ – производительность обессоливающей установки с учетом собственных нужд;

$t_{рег}$ – принимаемая продолжительность регенерации (обычно 6 ч);

R_j – радиус фильтра из числа серийно выпускаемых; при первом расчете принимается:

$$j = 1, \quad R_j = R_{макс} = R_1 ;$$

($R_1, R_2 \ldots R_{j\,мин}$ – радиусы серийно выпускаемых фильтров, начиная с большего);

$U_{макс}$ – наименьшая из максимально возможных скоростей ионирования через все фильтры блока (обычно $U_{макс}^{т} = U_{макс.R_1} = 20$ м/ч).

4.2.2. Полученное значение $N_{бл.мин}$ округляется до ближайшего большего целого числа. При значении $N_{бл.мин} < 3$ радиус определяющего фильтра R_1 принимается равным следующему меньшему из серийно выпускаемых фильтров ($j+1$), и расчет по п.4.2.1 и данному пункту повторяется.

4.2.3. Если в результате уменьшения (по п.4.2.2) радиуса устанавливаемого определяющего фильтра даже при минимальном из серийно выпускаемых получается значение $N_{бл.мин} < 3$, принимается $N_{бл.мин} = 3$.

4.3. Расчет вариантов построения обессоливающей установки с фиксированным количеством блоков фильтров.

Начиная с определенного в п.4.2.1 значения $N_{бл}$ с шагом 1 до значения $N_{бл}+1$ совершаются операции в следующем порядке:

4.3.1. Для всех фильтров, входящих в состав блока фильтров, принимается значение R_i –радиус фильтра, при котором по пп.4.2.1–4.2.3 было выполнено условие $N_{бл.мин} \geqslant 3$:

$$R_i = R_j ; \quad i = 1, 2 \ldots n .$$

4.3.2. Для принятых значений R_i вычисляется реальная скорость фильтрования U_i для каждого фильтра блока:

$$U_i = \frac{Q_{бр}(T+t_{рег})}{(3{,}14 R_i^2 T N_{бл})}; \quad i = 1,2 \ldots n .$$

4.3.3. Для всех фильтров блока, для которых оказывается $U_i < U_{макс\,i}$, вычисляется высота загрузки i -го фильтра ионитом:

$$h_i = \frac{Q_{бр}\, u_i (T + t_{рег})}{N_{бл}\, E_i\, 3{,}14 R_i^2} ,$$

при этом, если $h_i < h_{мин.i}$ принимается $h_i = h_{мин.i}$.

4.3.4. Радиус для следующего рассчитываемого варианта принимается равным следующему меньшему радиусу из числа серийно выпускаемых фильтров

$$R_i = R_j .$$

4.3.5. Для фильтров блока, скорость фильтрования которых, рассчитанная по п.4.3.2, оказывается больше максимально допустимой ($U_i > U_{макс.\,i}$), дальнейшее изменение радиуса фильтров прекращается и для следующего рассчитываемого варианта принимается $R_i = R_j$, (значение j предыдущего варианта не изменилось). Таким образом, в результате расчета одного варианта определены следующие параметры обессоливающей установки, которые представляют собой исходную информацию для второй части расчета:

- количество блоков фильтров в обессоливающей установке $N_{бл}$;
- продолжительность фильтрования блока фильтров T ; ,
- радиус фильтров блока R_i ;
- скорость фильтрования фильтров блока U_i; $i = 1,2 \ldots n$;
- высота загрузки фильтров блока h_i ;
- технологические данные, рассчитываемые в п.4.6.I;
- себестоимость I м^3 обессоленной воды S, рассчитываемая в п.4.6.2.

4.3.6. Для принятых по пп.4.3.4 и 4.3.5 радиусов R_i фильтров блока производится расчет следующего $n+1$ варианта и определение R_i для следующего $n+2$-го варианта по пунктам 4.3.2–4.3.5.

4.4. При окончании расчета значения для $N = N_{бл} + 1$ принятое при предыдущем расчете значение продолжительности фильтрования T увеличивается на Δt (см.п.4.2.I) для расчета следующих вариантов для $T + \Delta t$ по пп.4.2.I–4.3.6.

4.5. При достижении продолжительности фильтрования $T+\Delta t = TM$ первая часть расчета для всех вариантов заканчивается и фиксируется общее число всех рассчитанных вариантов

$$n_{общ} = nT + nN + nR .$$

4.6. Для всех рассчитанных вариантов определяется себестоимость I м^3 обессоленной воды в следующем порядке:

4.6.I. Производится технологический расчет с определением удельных расходов I00%-ной кислоты $\rho_к$ и I00%-ного едкого натра $\rho_щ$, расхода кислоты $X_к$ и щелочи $X_щ$ на одну регенерацию, воды на собственные нужды, количества сточных вод и их качества.

4.6.2. Определяется себестоимость I м^3 обессоленной воды (S руб/м^3) по затратам на иониты и реагенты ($S_{ион}$, $S_{реаг}$) с учетом затрат на нейтрализацию сточных вод ($S_{нейтр}$)

$$S = S_{ион} + S_{реаг} + S_{нейтр} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} h_i \pi R_i^2 б_i к u_i\right)}{mp\, Q_н} + \frac{\sum_{i=1}^{n} к X X_i}{(T + t_{рег}) Q_н} + \frac{к_{CaO} X_{CaO}}{(T + t_{рег}) Q_н} .$$

(Условные обозначения см. п.6.3).

5. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ИНФОРМАЦИЯ, ПОЛУЧЕННАЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА ПО АЛГОРИТМУ

5.I. Исходная информация для расчета конкретной обессоливающей установки включает:

5.I.I. Данные, представляемые заказчиком:

- состав исходной воды;
- необходимая производительность установки.

5.I.2. Предварительно задаваемую информацию:

- количество ступеней обессоливания и число фильтров в каждой ступени;
- выбранные к применению марки ионитов.

5.I.3. Нормируемые параметры обессоливающей установки, предусмотренные в гл.2:

- максимально и минимально допустимые высоты загрузки ионитов в фильтры;

- максимально и минимально допустимые скорости фильтрования;

- обменные емкости ионитов;

- расходы 100%-ных реагентов на регенерацию ионитов и нейтрализацию кислых вод;

- удельные расходы обессоленной воды на приготовление регенерационного раствора, отмывку и домывку ионитов;

- допустимые остаточные концентрации ионов в фильтрате за каждым фильтром.

5.1.4. Данные о стоимости используемых ионитов и реагентов.

5.1.5. Данные о параметрах серийно выпускаемых фильтров, принимаемых к рассмотрению.

5.2. По каждому варианту технологического построения обессоливающей установки с заданной производительностью и химическим составом исходной воды алгоритм определяет следующие параметры установки:

5.2.1. Количество блоков фильтров $N_{бл}$ шт.,

5.2.2. Радиусы фильтров блока R_i, м; $i=1,2...n$.

5.2.3. Высоту загрузки ионитом фильтров блока h_i, м.

5.2.4. Фактические и средние скорости фильтрования через фильтры блока U_i, м/ч; $i = 1,2...n$.

5.2.5. Производительность блока фильтров учетом расхода воды на собственные нужды $Q_{бл.бр.}$, м^3/ч.

5.2.6. Удельные расходы реагентов $P_{к\,i}$ и $P_{щ\,i}$, г/г-экв;

5.2.7. Расход 100%-ного рагента на одну регенерацию и нейтрализацию кислых вод $X_к$, $X_щ$, $X_{сод}$, кг.

5.2.8. Себестоимость 1 м^3 обессоленной воды по затратам на реагенты, иониты и нейтрализацию сточных вод S, руб/м^3.

5.2.9. Продолжительность фильтроцикла T, ч.

5.2.10. Время, необходимое для регенерации блока, $t_{рег}$, ч.

5.2.11. Расход обессоленной H-катионированной и осветленной воды на собственные нужды блока на регенерацию, м^3.

5.2.12. Количество сточных вод за регенерацию, м^3.

5.2.13. Усредненный состав минерализованных стоков.

5.2.14. Количество регенерационных узлов на обессоливающую установку $N_{уз}$, шт.

5.2.15. Суммарная вместимость баков-нейтрализаторов, м^3.

6. ПРИМЕР РАСЧЕТА ОБЕССОЛИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

6.I. Установка работает по схеме $H_{1пр} \rightarrow H_{1осн} \rightarrow A_1 \rightarrow D \rightarrow H_2 \rightarrow A_2$.
Производительность установки $Q_н$ = 600 м^3/ч.

В качестве исходной принята известково-коагулированная вода, состав которой приведен в табл.2.

Таблица 2

Показатель	Единица измерения	Исходная вода	Известково-коагулированная вода
Жесткость общая	мг-экв/кг	5,5	4,3
Жесткость карбонатная	мг-экв/кг	2,5	0,62
Жесткость гидратная	мг-экв/кг	-	0,I8
Жесткость *постоянная*	мг-экв/кг	3,0	3,5
Кальций	мг-экв/кг	3,5	3,7
Магний	мг-экв/кг	2,0	0,6
Натрий	мг-экв/кг	I,5	I,5
Хлориды	мг-экв/кг	I,5	I,5
Сульфаты	мг-экв/кг	3,0	3,5
Кремнекислота	мг/л	I5,0	II,2
Солесодержание	мг/л	465	400

6.2. Исходные данные для расчета блока фильтров.

6.2.I. Материалы, загружаемые в фильтры:

$H_{1пр}$ - сульфоуголь, $H_{1осн}$ - катионит КУ-2-8, A_1 - анионит АН-3I, H_2 - сульфоуголь, A_2 - анионит АВ-I7-8.

6.2.2. Обменная емкость анионита АВ-I7-8 в фильтрах второй ступени при концентрации кремнекислоты 0,I5 мг-экв/л ($HSiO_3^-$) и угольной кислоты в частично обессоленной и декарбонизованной воде 3 мг/л принимается равной I70 г-экв/м^3 при расходе I00%-ного едкого натра I00 кг/м^3 (см.рис.9). Расчетная обменная емкость анионита АВ-I7-8 принимается с учетом поправки на скорость фильтрования по рис.I0.

6.2.3. Удельный расход обессоленной воды на отмывку анионита АВ-I7-8 до щелочности 0,8-I,0 мг-экв/л составляет I0 м^3/м^3.

6.2.4. Обменная емкость сульфоугля в H-катионитных фильтрах второй ступени принимается равной 200 г-экв/м^3 (табл.2-5 [3]).

6.2.5. Удельный расход обессоленной воды на отмывку сульфоугля в H_2 - 10 м^3/м^3.

6.2.6. Обменная емкость анионита АН-31 в анионитных фильтрах первой ступени принимается равной 880 г-экв/м^3 при соотношении $H_2SO_4 : HCl$ 3,5:1,5 т.е. в соотношении 70:30 в известкованной воде, и расходе едкого натра 50 кг/м^3 (см.рис.8).

6.2.7. Удельный расход H-катионированной воды на домывку анионита АН-31 составляет 12 м^3/м^3.

6.2.8. Обменная емкость катионита КУ-2-8 в Н-катионитных фильтрах первой ступени принимается равной 700 г-экв/м^3 (см.рис.3) при абсолютном расходе серной кислоты 70 кг на 1 м^3 катионита. Обменная емкость сульфоугля принимается равной 200 г-экв/м^3.

6.2.9. Удельный расход осветленной воды для доотмывки сульфоугля в предвключенном фильтре принимается равным 1 м^3/м^3.

6.2.10. Продолжительность взрыхления каждого фильтра перед проведением регенерации принимается равной 20 мин.

6.3. Принятые в алгоритме обозначения исходных данных для приводимого примера представлены в табл.3.

Таблица 3

Показатель	Обозначение	Значение показателя	Единица измерения
Количество фильтров в блоке	$N_ф$	5	шт.
Количество серийно выпускаемых типоразмеров фильтров	jR	4	шт.
Минимально допустимые высоты загрузок ионитов в фильтрах	$h_{мин1}$	1,5	м
	.	1,2	м
	.	0,8	м
	.	0,8	м
	$h_{мин,n}$	0,8	м
Максимально допустимые высоты загрузок ионитов в фильтрах	$h_{макс1}$	2,5	м
	.	1,9	м
	.	1,8	м
	.	1,5	м
	$h_{макс n}$	1,5	м

Продолжение таблицы 3

Показатель	Обозначение	Значение показателя	Единица измерения
Максимально допустимые скорости фильтрования в фильтрах	$U_{макс.1}$	30	м/ч
	.	30	м/ч
	.	20	м/ч
	.	50	м/ч
	$U_{макс\ п}$	30	м/ч
Радиусы фильтров серийно выпускаемых типоразмеров	R_1	I,7	м
	.	I,7	м
	.	I,5	м
	.	I,3	м
	$R_п$	I,0	м
Рабочие обменные емкости ионитов в фильтрах	E_1	200	г-экв/м^3
	.	700	г-экв/м^3
	.	880	г-экв/м^3
	.	200	г-экв/м^3
	$E_п$	I70	г-экв/м^3
Усредненный годовой расход ионита, загруженного в i -й фильтр	$Б_1$	0,I5	I5%
	.	0,I	I0%
	.	0,3	30%
	.	0,I5	I5%
	$Б_п$	0,24	24%
Стоимость ионитов, загружаемых в фильтры блока	$КИ_1$	I70	руб/т
	.	I800	руб/т
	.	3000	руб/т
	.	I70	руб/т
	$КИ_п$	3I50	руб/т
Расход I00%-ного реагента, используемого на восстановление рабочей обменной емкости i -го фильтра на одну регенерацию	$Б_1$	70	кг/м^3
	.	70	кг/м^3
	.	50	кг/м^3
	.	70	кг/м^3
	$Б_п$	I00	кг/м^3
Стоимость I00%-ного реагента, используемого на восстановление рабочей обменной емкости i -го фильтра на одну регенерацию	$КХ_1$	0,03	руб/кг
		0,03	руб/кг
		0,I0	руб/кг

Окончание таблицы 3

Показатель	Обозначение	Значение показателя	Единица измерения
	.	0,03	руб/кг
	$к X_п$	0,I0	руб/кг
Удельный расход обессоленной воды на собственные нужды для приготовления регенерационного раствора	$g B_1$	0,0	$м^3/м^3$
	.	0,033	$м^3/м^3$
	.	0,0	$м^3/м^3$
	.	0,0	$м^3/м^3$
	$g B_п$	0,025	$м^3/м^3$
Удельный расход обессоленной воды для отмывки и домывки ионита в i-м фильтре	$g O_1$	I,0	$м^3/м^3$
	.	I,0	$м^3/м^3$
	.	I2	$м^3/м^3$
	.	I0	$м^3/м^3$
	$g O_п$	I0	$м^3/м^3$
Число часов работы обессоливающей установки в году	$тр$	700	ч
Продолжительность регенерации блока фильтров (предварительное)	$t_{рег}$	6	ч
Производительность обессоливающей установки	$a_н$	600	$м^3/ч$
Суммарная концентрация ионов, подлежащих задержанию в i-м фильтре	u_1+u_2	5,5	мг-экв/л
	u_3	5,0	мг-экв/л
	⋮	0,3	мг-экв/л
	$u_п$	0,I5	мг-экв/л

Примечание. Тип параметра (показателя) - условная постоянная.

6.4. Расчет вариантов схем построения

6.4.I. Находим в соответствии с п.3.3 $h_{мин1}$ и $h_{макс1}$:

$$h_{мин1} = I,5 \cdot \frac{200}{700} + I,2 \approx 2 \text{ м};$$

$$h_{макс1} = 2,5 \cdot \frac{200}{700} + I,9 \approx 2,9 \text{ м},$$

где принято $h_{мин H_1 пр} = I,5$ м; $h_{мин H_1 осн} = I,2$ м;

$h_{макс\,H_{1пр}} = 2{,}5$ м; $h_{макс\cdot H_{1\,осн}} = 1{,}9$ м.

Обратный пересчет на $H_{1пр}$ и $H_{1осн}$ проводится по формулам п.3.3.

6.4.1.1. Принимая $h_{мин\,i}$, E_i, u_i, $U_{макс\,i}$ по исходным данным, по формуле п.4.1.1, определяем значения:

$T_{мин1} = 8{,}48$ ч для H_1;

$T_{мин2} = 7{,}04$ ч для A_1;

$T_{мин3} = 10{,}68$ ч для H_2;

$T_{мин4} = 30{,}22$ ч для A_2.

6.4.1.2. В соответствии с п.4.1.2 принимаем значение TT = 7,04 ч.

6.4.1.3. Принимая $h_{макс\,i}$, E_i, u_i, $U_{макс\,i}$ по исходным данным, по формуле п.4.1.3, определяем значения:

$T_{макс\,1} = 11{,}03$ ч;

$T_{макс\,2} = 15{,}84$ ч;

$T_{макс\,3} = 20{,}00$ ч;

$T_{макс\,4} = 56{,}67$ ч.

6.4.1.4. В соответствии с п.4.1.4 принимаем значение TM = 11+1=12 ч.

6.4.1.5. За пределы варьирования продолжительности ионирования принимается интервал 7,04 - 12 ч.

6.4.2. Расчет вариантов построения с фиксированной продолжительностью фильтрования для блока фильтров.

Принимается T = 10 ч.

6.4.3. По формуле п.4.2.1 при значениях $Q_{бр} = 660$, $T = 12$, $t_{рег} = 6$, $R_j = 1{,}7$, $U = 20$ с учетом п.4.2.2 определяется $N_{бл.мин} = 6$ и принимается $j = 1$. Указания п.4.2.3 опускаются, так как $N_{бл.мин} > 3$.

6.4.4. Расчет вариантов с фиксированным количеством блоков фильтров (вариант 1).

Принимается $N_{бл} = 6$.

6.4.4.1. По п.4.3.1 принимается

$R_1\,(для\ H_1) = R_2\,(для\ A_1) = R_3\,(для\ H_2) = R_4\,(для\ A_2) = R_j = R_1 = 1{,}7$ м, $j=1$ по 6.4.3.

6.4.4.2. По формуле п.4.3.2, принимая T =I0, $Q_{бр}$=660; $N_{бл.}$=6, определяем

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = 19{,}39 \text{ м/с}.$$

6.4.4.3. По формуле п.4.3.3, принимая u_i и E_i по исходным данным, определяем

$$h_1 = 2 \text{ м}, \; h_2 = 1{,}1 \text{ м}, \quad h_3 = h_4 = 0{,}8 \text{ м}$$

На этом первая часть расчета варианта I заканчивается.

Выходная информация для второй части расчета варианта I:

- количество блоков фильтров $N_{бл}$ = 6;
- продолжительность фильтрования блока фильтров T = I0 ч;
- радиусы фильтров I,7; I,7; I,7; I,7 м;
- скорости фильтрования I9,39; I9,39; I9,39; I9,39 м^3/с;
- высоты загрузок 2; I,I; 0,8; 0,8 м;
- технологические данные, рассчитываемые в п.6.4.7;
- себестоимость I м^3 обессоленной воды 0,086 руб/м^3 (рассчитывается в п.4.6.2).

Для следующего рассчитываемого варианта 2 с учетом п.4.3.4 принимается $R_1 = R_3 = R_4$ = I,5 м.

6.4.4.4. С учетом п.4.3.5 принимается R_2 = I,7 м.

6.4.4.5. Для определенных в п.6.4.4.3 и 6.4.4.4 радиусов фильтров производится расчет следующих вариантов по пп.4.3.2-4.3.5. Полученная информация для T = II ч приведена в п.6.5.

6.4.5. Расчет вариантов для следующего значения продолжительности ионирования в интервале TT-TM.

Принимаем продолжительность ионирования $T+\Delta T$ = II+I = I2 ч.

Дальнейший расчет производится по п.4.2-4.5.

6.4.6. При достижении T = I2 ч с учетом п.4.5 первая часть расчета вариантов заканчивается. Число вариантов $n_{общ}$ = 9.

Полученная информация для всего выбранного интервала ионирования приведена в п.6.5.

6.4.7. Для дальнейшего технологического расчета обессоливающей установки в соответствии с п.4.7 в качестве примера выбран *один из вариантов с продолжительностью ионирования T = I2 ч и* количеством блоков фильтров $N_{бл}$ = 6+I со следующей исходной информацией:

	h_i	R_i	U_i
$H_{1\,пр}$	2,5	I,5	23,4
$H_{1\,осн}$	I,5	I,5	23,4
A_1	I,24	I,7	I8,2
H_2	I,0	I,5	23,4
A_2	0,8	I,I5	23,4

Ниже приводится пример технологического расчета.

Анионитный фильтр второй ступени

Расход I00%-го едкого натра на регенерацию одного блока фильтров составит:

$$X_{щ} = \Phi_{щ} h_{A_2} \pi R^2_{A_2} = \Phi_{щ} V_{A_2} = 100 \cdot 5,6 = 560 \text{ кг.}$$

Количество свободного едкого натра в регенерационных и отмывочных водах, поступающих на регенерацию фильтра A_1, подсчитывается по формуле

$$\Delta P_{щ} = X_{щ} - \frac{Q_{бр}[HSiO_3 + HCO_3]\,T \cdot 80}{10^3},$$

где $$Q_{бр} = \frac{Q_н (T + t_{рег}) 1,095}{N_{бл}\,T} = \frac{600(I2+6)\cdot I,095}{6 \cdot I2} = I64 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Здесь I,095 - коэффициент, учитывающий расход обессоленной воды на собственные нужды (см.режимную карту п.6.4.9).

Количество свободного едкого натра составит

$$\Delta P_{щ} = 560 - \frac{I64 \cdot 0,I5 \cdot I2 \cdot 80}{I0^3} = 560 - 23,6 = 536,4 \text{ кг.}$$

Анионитный фильтр первой ступени

Регенерация анионитного фильтра первой ступени производится щелочными регенерационными водами от анионитных фильтров второй ступени.

Поскольку количество оставшегося свободного едкого натра в регенерационных и отмывочных водах от анионитных фильтров второй ступени меньше значения, принятого по исходным данным (50 кг/м^3

анионита) для регенерации анионитных фильтров первой ступени, расход его на восстановление последних увеличивается до 560 кг.

При этом удельный расход едкого натра на регенерацию анионита АН-3I составляет:

$$\rho_{щ} = \frac{\Delta P_{щ}\, 10^3}{Q\, T\, \Sigma A} = \frac{583{,}4 \cdot 10^3}{164 \cdot 12 \cdot 5{,}0} = 59{,}0 \text{ г/г-экв.}$$

Н-катионитный фильтр первой ступени

С целью более полной утилизации кислоты от основных Н-катионитных фильтров первой ступени и уменьшения удельных ее расходов на регенерацию спаренных Н-катионитных фильтров первой ступени для предвключенных фильтров принимается максимальная высота слоя сульфоугля 2,5 м и обменная емкость 200 г-экв/м^3 (по исходным данным п.6.2.8).

Объем загружаемого в Н-катионитный фильтр первой ступени катионита КУ-2-8 определяется по формуле

$$T Q \Sigma K = E_{с-у} V_{с-у} + E_{ку-2-8} V_{ку-2-8},$$

где $E_{с-у}$ и $E_{ку-2-8}$ – соответственно обменная емкость сульфоугля и катионита КУ-2-8;

$V_{с-у}$ и $V_{ку-2-8}$ – соответственно объем загружаемых в фильтре сульфоугля и катионита КУ-2-8.

Потребность в катионите КУ-2-8 для основного Н-катионитного фильтра составит

$$V_{ку-2-8} = \frac{164 \cdot 12 \cdot (5{,}8-0{,}3) - 200 \cdot 2{,}5 \cdot 7{,}0}{700} = 10{,}5 \text{ м}^3,$$

где 0,3 – остаточное содержание катионов натрия в фильтрате после Н-катионитных фильтров первой ступени, г-экв/м^3.

Количество катионита КУ-2-8 в основных Н-катионитных фильтрах первой ступени с учетом собственных нужд на Н-катионированную воду (см.п.6.4.9) составит:

$$10{,}5 \cdot 1{,}074 = 11{,}3 \text{ м}^3,$$

где 1,074 – коэффициент, учитывающий расход Н-катионированной воды на собственные нужды.

Высота слоя катионита КУ-2-8 в основном H-катионитном фильтре первой ступени составит:

$$h_{H_1\,осн} = \frac{U_{H_1 осн}}{F_{H_1 осн}} = \frac{11,3}{7,0} = 1,6 \text{ м}.$$

При этом скорость фильтрования будет:

$$U_{H_1} = \frac{Q_{бр}}{F_{H_1}} = \frac{164}{7,0} = 23,4 \text{ м/ч}.$$

Потребное количество 100%-ной серной кислоты для регенерации H-катионитных фильтров первой ступени составит:

$$X_к = \Phi_к V_{ку-2-8} = 70 \cdot 11,3 = 791 \text{ кг},$$

а с учетом H-катионитного фильтра второй ступени -

$$X_к = \Phi_к V_{ку-2-8} + \frac{h_{H_2} F_{H_2} E_{H_2} 49}{10^3} = 860 \text{ кг}$$

или 860·1,08 = 930 кг 92%-ной кислоты.

Удельный расход 100%-ной серной кислоты на сумму всех катионов составит:

$$P_к = \frac{X_к 10^3}{Q T \Sigma K} = \frac{860 \cdot 10^3}{1968 \cdot 5,8} = 76 \text{ г/г-экв}.$$

Количество свободной серной кислоты, содержащейся в регенерационных и отмывочных водах H-катионитных фильтров первой ступени, за одну регенерацию составит:

$$\Delta P_к = X_к - \frac{(E_{Нс-у} V_{с-у} + E_{ку-2-8} V_{ку-2-8})}{10^3} - \frac{Q \cdot 0,3\, T \cdot 49}{10^3} =$$

$$= 860 - \frac{(200 \cdot 17,5 + 700 \cdot 11,3)}{10^3} - \frac{164 \cdot 0,3 \cdot 12 \cdot 49}{10^3} = 272 \text{ кг}.$$

Количество свободной щелочи в регенерационных и отмывочных водах после анионитных фильтров первой ступени за одну регенерацию составит:

$$\Delta P_{щ} = X_{щ} - \frac{Q[HSiO_3^- + HCO_3^-] T 80}{10^3} - \frac{Q \Sigma A T 40}{10^3} =$$

$$= 583,4 - 23,4 - 393,6 = 166,4 \text{ кг}.$$

Необходимое количество извести (CaO) для нейтрализации кислых вод за одну регенерацию H-катионитных фильтров составит:

$$X_{CaO} = 28\left(\frac{\Delta P_к}{49} - \frac{\Delta P_щ}{40}\right) = 28\ \left(\frac{272}{49} - \frac{166,4}{40}\right) = 38,9 \text{ кг}.$$

Расход воды на собственные нужды блока фильтров

А. Расход обессоленной воды на разбавление серной кислоты.

Для регенерации H-катионитных фильтров используется серная кислота трех концентраций: 1,5; 3 и 6%-ная в соотношении 40:30:30%. Эскиз регенерационного узла показан на рис.13 [4].

Расход обессоленной воды на приготовление 1,5%-ного раствора серной кислоты составит:

$$B_{к_1} = 0,4\ \frac{X_к m}{1,5\ \gamma_1\ 10^3} = 0,4\ \frac{930 \cdot 92}{1,5 \cdot 1,01 \cdot 10^3} = 23 \text{ м}^3.$$

Расход обессоленной воды на приготовление 3%-ного раствора серной кислоты составит:

$$B_{к_2} = 0,3\ \frac{X_к m}{3\ \gamma_2\ 10^3} = 0,3\ \frac{930 \cdot 92}{3,0 \cdot 1,02 \cdot 10^3} = 9 \text{ м}^3.$$

Расход обессоленной воды на приготовление 6%-ного раствора серной кислоты составит:

$$B_{к_3} = 0,3\ \frac{X_к m}{6,0\ \gamma_3\ 10^3} = 0,3\ \frac{930 \cdot 92}{6,0 \cdot 1,041 \cdot 10^3} = 4,6 \text{ м}^3,$$

где m - 92%-ная серная кислота;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - плотность 1,5; 3 и 6%-ного растворов серной кислоты, г/м^3.

Общий расход обессоленной воды на приготовление серной кислоты $B_к$ на одну регенерацию H-катионитных фильтров составляет 36 м^3.

Б. Расход обессоленной воды на приготовление 4%-ного раствора едкого натра.

Для регенерации анионитных фильтров требуется 1400 кг 40%-ного едкого натра.

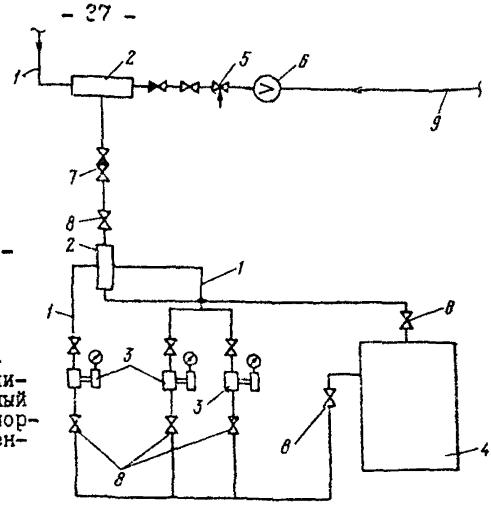


Рис.13. Регенерационный узел подачи серной кислоты:

1 - кислота; 2 - смеситель; 3 - насос-дозатор кислоты; 4 - расходный бак кислоты; 5 - регулирующий клапан; 6 - регулирующая шайба; 7 - обратный запорный клапан; 8 - запорный клапан; 9 - обессоленная вода

Расход обессоленной воды на приготовление 4%-ного раствора едкого натра на одну регенерацию составит:

$$B_{щ} = \frac{X_{щ}\, m_1}{4{,}0\, \beta\, 10^3} = \frac{1400 \cdot 40}{4{,}0 \cdot 1{,}045 \cdot 10^3} = 13 \text{ м}^3,$$

где m_1 - 40%-ный раствор едкого натра;

β - плотность 4%-ного раствора едкого натра, г/м^3.

В. Расход обессоленной воды на отмывку анионитных фильтров A_2 и A_1 на одну регенерацию составит:

$$B_{A_2} = d_{A_2} V_{A_2} = 10 \cdot 5{,}6 = 56 \text{ м}^3.$$

Г. Расход обессоленной воды на отмывку фильтров H_2 и $H_{1\,осн}$ на одну регенерацию составит:

$$B_{H_2} = d_{H_2} V_{H_2} = 10 \cdot 7{,}0 = 70 \text{ м}^3.$$

Д. Расход осветленной воды на домывку H-катионитного фильтра $H_{1\,пр}$ за одну регенерацию составит:

$$B_{H_{1пр}} = d_{H_{1пр}} V_{H_{1пр}} = 1{,}0 \cdot 17{,}5 = 17{,}5 \text{ м}^3.$$

Е. Расход H-катионированной воды на домывку анионитного фильтра первой ступени на одну регенерацию составит:

$$B_{d\,A_1} = d_{A_1} V_{A_1} = 12 \cdot 11{,}2 = 134 \text{ м}^3.$$

Ж. Расход осветленной воды на взрыхление фильтров на одну регенерацию $B_{в_3}$ (см.п.6.4.9 равен 122 м³).

Итого на собственные нужды за одну регенерацию блока фильтров расходуется:

обессоленной воды

$$B_{о.в} = B_к + B_щ + B_{A_2} + B_{H_2} = 36+13+56+70=175 \text{ м}^3 (9,7\%);$$

Н-катионированной воды $B_{кат} = 134$ м³ (7,4%);

осветленной воды

$$B_{осв} = B_{в_3} + B_{дH_1 пр} = 122+17,5 = 139,5 \ (7,7\%).$$

Общий расход воды на собственные нужды

$$\Sigma B = 24,8\% \, Q_н .$$

При отмывке ионитных фильтров целесообразно часть "хвостовых" отмывочных вод (до 30%) направлять в бак сбора взрыхляющих вод механических фильтров. Это позволит благодаря снижению солесодержания обрабатываемой воды компенсировать частичное понижение обменной емкости ионитов во время их отмывки. Можно принять, что повторно используется до 30% отмывочных вод ионитных фильтров. Тогда количество сточных вод одного блока фильтров, подлежащих нейтрализации, составит за регенерацию:

$$C = B_к + B_щ + 0,7(B_{A_2} + B_{H_2} + B_{дH_1 пр} + B_{дA_1}) =$$
$$= 36+13+0,7(56+70+134+17,5) = 243 \text{ м}^3.$$

Продолжительность регенерации блока фильтров

А. Время, необходимое для регенерации Н-катионитных фильтров серной кислотой, при скорости фильтрования 10 м/ч составит:

$$t_к = \frac{B_к}{U_к F} = \frac{36}{10.7} = 0,51 \text{ ч} = 32 \text{ мин.}$$

Б. Время, необходимое для регенерации анионитных фильтров едким натром, при скорости фильтрования 4 м/ч составит:

$$t_щ = \frac{B_щ}{U_щ F} = \frac{13}{4.7} = 0,46 \text{ ч} = 28 \text{ мин.}$$

В. Время, необходимое на домывку одного предвключенного H-катионитного фильтра первой ступени, составит:

$$t_{H_{1пр}} = \frac{d_{H_{1пр}} h_{H_{1пр}}}{U_{H_{1пр}}} = \frac{1 \cdot 2,5}{10} = 0,25 \text{ ч} = 15 \text{ мин.}$$

Г. Время, необходимое на домывку одного анионитного фильтра, составит:

$$t_{A_1} = \frac{d_{A_1} h_{A_1}}{U_{A_1}} = \frac{12 \cdot 1,24}{10} = 1,48 \text{ ч} = 89 \text{ мин.}$$

Д. Время, необходимое на отмывку H-катионитных фильтров (H_2 и $H_{1осн}$) составит:

$$t_{H_2, H_{1осн}} \frac{d_{H_2} h_{H_2}}{U_{H_2}} = \frac{10 \cdot 1}{10} = 1 \text{ ч} = 60 \text{ мин.}$$

Е. Время, необходимое на отмывку анионитного фильтра A_2.

В течение первых 60 мин фильтр отмывается со скоростью 4 м/ч; остальное время - со скоростью 10 м/ч. В данном расчете это время составляет:

$$t_{A_2} = \frac{0,5 d_{A_2} h_{A_2}}{U_{A_2}} + \frac{0,5 d_{A_2} h_{A_2}}{U_{1A_2}} = \frac{5 \cdot 0,8}{4} + \frac{5 \cdot 0,8}{10} = 1,4 \text{ ч} = 84 \text{ мин.}$$

Ж. Время, необходимое для взрыхления всех фильтров блока

$$t_{вз} = N_ф 20 = 5 \cdot 20 = 100 \text{ мин,}$$

где 20 - время взрыхления одного фильтра, мин.

Суммарное время (t), необходимое для регенерации блока фильтров, составит:

$$t = t_щ + t_{A_1} + t_{A_2} + t_{вз} = 28+89+84+100 \approx 301 \text{ мин} \approx 5 \text{ ч (без}$$

учета времени на переключение арматуры).

Вместимость баков-нейтрализаторов

Общая вместимость баков-нейтрализаторов определяется как

$$C \frac{nt}{T+t} = 243 \frac{6 \cdot 5}{12+5} \approx 429 \text{ м}^3.$$

Принимается установка двух баков-нейтрализаторов полезной вместимостью по 450 м^3.

Расчет количества регенерационных узлов $N_{уз}$

$$N_{уз} = \frac{N_{бл}\, t}{T} = \frac{6 \cdot 6}{12} = 3$$

Усредненный состав минерализованных стоков

А. Содержание ионов в отмывочных водах катионитных и анионитных фильтров за регенерацию:

$$Ca = 0{,}7(d'_{A_1} V_{A_1} + d'_{H_1 пр} V_{H_1 пр})\,[Ca]\,0{,}02 =$$
$$= 0{,}7 \cdot (134+17{,}5) \cdot 3{,}7 \cdot 0{,}02 = 7{,}8 \text{ кг},$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий степень использования отмывочных вод.

$$Mg = 0{,}7(B_{gA_1} + B_{gH_1 пр})[Mg] \cdot 0{,}012 =$$
$$= 0{,}7(134+17{,}5) \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}012 = 0{,}8 \text{ кг};$$
$$Na = 0{,}7\,(B_{gA_1} + B_{gH_1 пр})\,[Na] \cdot 0{,}023 =$$
$$= 0{,}7(134+17{,}5) \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}023 = 3{,}7 \text{ кг};$$
$$Cl = 0{,}7(B_{gA_1} + B_{gH_1 пр})\,[Cl] \cdot 0{,}035 =$$
$$= 0{,}7(134+17{,}5) \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}035 = 5{,}6 \text{ кг};$$
$$SO_4 = 0{,}7(B_{gA_1} + B_{gH_1 пр})\,[SO_4] \cdot 0{,}048 =$$
$$= 0{,}7 \cdot 151{,}5 \cdot 3{,}5 \cdot 0{,}048 = 17{,}8 \text{ кг};$$
$$SiO_3 = 0{,}7(B_{gA_1} + B_{gH_1 пр})\,[SiO_3] \cdot 0{,}038 =$$
$$= 0{,}7 \cdot 151{,}5 \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}038 = 1{,}2 \text{ кг}.$$

Б. Содержание ионов в регенерационных водах катионитных фильтров за одну регенерацию:

$$Ca = U^{к}_{H_1}\, T\, F_{H_1}\,[Ca]\,0{,}02 = 23{,}2 \cdot 12 \cdot 7.3{,}7 \cdot 0{,}02 = 144{,}2 \text{ кг};$$
$$Mg = U_{H_1}\, T\, F_{H_1}\,[Mg]\,0{,}012 = 1949 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}012 = 14 \text{ кг};$$
$$Na = U_{H_1}\, T\, F_{H_1}\,[Na]\,0{,}023 = 1949 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}023 = 67{,}2 \text{ кг};$$
$$SO_4 = X_к \frac{96}{98} = 860 \frac{96}{98} = 842 \text{ кг}.$$

В. Содержание ионов в регенерационных водах анионитных фильтров за одну регенерацию:

$$Cl = U_{A_1}\, T\, F_{A_1}\,[Cl]\,0{,}035 = 18{,}2 \cdot 12 \cdot 9 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}035 = 103 \text{ кг};$$
$$Na = X_{щ} \frac{23}{40} = 560 \frac{23}{40} = 322 \text{ кг};$$

$$SO_4 = U_{A_1} \cdot F_{A_1} [SO_4] 0{,}048 = 1966 \cdot 3{,}5 \cdot 0{,}048 = 330{,}2 \text{ кг};$$

$$SiO_3 = U_{A_1} \cdot F_{A_1} [SiO_3] 0{,}038 = 1966 \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}038 = 22{,}2 \text{ кг}.$$

6.4.8. Полученные по формуле п.4.6.2 значения себестоимости обессоленной воды приведены в п.6.5. Блок-схема алгоритма приведена на рис.14 (см.вклейку).

6.4.9. По результатам расчета технологического режима составлена режимная карта регенерации блока фильтров производительностью 164 т/ч (см.табл.4).

Таблица 4

Операция	Q $м^3/ч$	Продолжительность регенерации, мин	Объем воды, $м^3$	Качество воды
1. Взрыхление:				Осветленная
A_2	70	20	23	
H_2	70	20	23	
A_1	90	20	30	
$H_{1осн}$	70	20	23	
$H_{1пр}$	70	20	23	
2. Пропуск 4%-ного раствора едкого натра по линии $A_2 - A_1$	28	28	13	Обессоленная
3. Отмывка $A_2 - A_1$ по линии регенерации		60 мин при U=4 м/ч и 28 мин при U=10 м/ч	56	-"-
4. Пропуск серной кислоты по линии $H_2 - H_{1осн} - H_{1пр}$				
а) 1,5%-ной кислоты	70	20	23	-"-
б) 3%-ной кислоты	70	8	9	-"-
в) 6%-ной кислоты	70	4	4	-"-
5. Отмывка $H_2 - H_{1осн} - H_{1пр}$ по линии регенерации	70	60	70	-"-
6. Домывка $H_{1пр}$	70	15	17,5	Осветленная
7. Домывка A_1	90	89	134	H-катионированная
8. Рециркуляция воды по малому контуру	53	40	-	-

Общая продолжительность регенерации (с учетом времени переключения арматуры) 5,5-6,0 ч.

Расход воды на собственные нужды (% $Q_н$):

обессоленной	- 175 м^3, или 9,7%;
Н-катионированной	- 134 м^3, или 7,4%;
осветленной	- 139,5 м^3, или 7,7%.

Общий расход воды на собственные нужды - 24,8%.

Общий расход воды на собственные нужды с учетом повторного использования взрыхляющих вод - 17,9%.

6.5. Результаты расчета вариантов построения обессоливающей установки приведены в табл.5.

Таблица 5

Продолжительность ионирования блока фильтров, ч	Количество блоков фильтров, шт.	Фильтр блока	Высота загрузки, м	Скорость фильтрования, м/ч	Радиусы фильтров, м	Себестоимость 1 м^3 обессоленной воды, руб/м^3	Номер варианта
10	6	$H_{1пр}$	2,5	19,35	1,7	0,086	1
		$H_{1осн}$	1,4	19,35	1,7		
		A_1	0,8	19,35	1,7		
		H_2	0,8	19,35	1,7		
		A_2	0,8	19,35	1,7		
	6	$H_{1пр}$	2,5	24,91	1,5	0,068	2
		$H_{1осн}$	1,4	24,91	1,5		
		A_1	1,10	19,39	1,7		
		H_2	0,8	24,31	1,5		
		A_2	0,8	24,31	1,5		
	6	$H_{1пр}$	2,5	24,31	1,5	0,066	3
		$H_{1осн}$	1,4	24,31	1,5		
		A_1	1,10	19,39	1,7		
		H_2	0,8	33,17	1,3		
		A_2	0,8	24,91	1,5		

Продолжение таблицы 5

Продолжительность ионирования блока фильтров, ч	Количество блоков фильтров, шт.	Фильтр блока	Высота загрузки, м	Скорость фильтрования, м/ч	Радиусы фильтров, м	Себестоимость I м³ обессоленной воды, руб/м³	Номер варианта
	6	$H_{1пр}$	2,5	I8,73	I,7	0,083	4
		$H_{1осн}$	I,4	I8,73	I,7		
		A_1	I,7	I8,73	I,7		
		H_2	0,8	I8,73	I,7		
		A_2	0,8	I8,73	I,7		
II	6	$H_{1пр}$	2,5	24,06	I,5	0,068	5
		$H_{1осн}$	I,5	24,06	I,5		
		A_1	I,I7	I8,73	I,7		
		H_2	0,8	24,06	I,5		
		A_2	0,8	24,06	I,5		
	6	$H_{1пр}$	2,5	24,06	I,5	0,064	6
		$H_{1осн}$	I,5	24,06	I,5		
		A_1	I,I7	I8,73	I,7		
		H_2	0,8	32,04	I,3		
		A_2	0,8	24,06	I,5		
	6	$H_{1пр}$	2,2	I8,I8	I,7	0,08I	7
		$H_{1осн}$	I,24	I8,I8	I,7		
		A_1	I,24	I8,I8	I,7		
		H_2	0,8	I8,I8	I,7		
		A_2	0,8	I8,I8	I,7		
I2	6	$H_{1пр}$		23,35	I,5	0,065	8
		$H_{1осн}$	2,2	23,35	I,5		
		A_1	I,24	I8,I8	I,7		
		H_2	0,8	23,35	I,5		
		A_2	0,8	23,35	I,5		

gost.e-ecolog.ru