

## 1. Введение.

Мелиорация – это совокупность приемов, направленных на коренное, длительное улучшение с/х угодий, природных условий. С помощью с/х мелиорации изменяют физические, химические свойства почвы, посредством затрат.

В зависимости от целей мелиорацию делят на следующие виды:

- лесотехническая
- агротехническая
- культурно-техническая
- гидротехническая.

Особые виды мелиорации:

- санитарно-гигиеническая
- рекреационная.

Лесотехническая мелиорация – это посадка лесополос для защиты почв от водной, ветровой эрозии и создания благоприятного микроклимата. Сюда же относится и осушение лесов.

Агротехническая мелиорация – представляет собой мелиорацию для улучшения возделывания с/х культур (мелиоративная вспашка, кротование, залужение крутых склонов, мульчирование, плантаж).

Культурно-техническая мелиорация – это улучшение естественного состояния поверхности почвы для более удобной обработки (срезка и выкорчевывание растительности, камнесбор). Часто данному виду мелиорации сопутствует гидротехническая мелиорация.

Химическая мелиорация – направлена на изменение химического состава почвы, а, следовательно, ее водно-физических свойств (на землях содового засоления вносят гипс, кислоты для снижения содержания Na).

Гидромелиорация – направлена на улучшение водно-воздушного режима, а через него на остальные факторы, влияющие на развитие растений, в том числе и на почвообразовательный процесс. Это осуществляется путем

строительства гидротехнических сооружений. Гидромелиорации отдельная отрасль мелиорации, требующая больших капиталовложений.

### **Потребность в гидротехнических мелиорациях.**

Потребность в гидротехнических мелиорациях определяют по климатическому коэффициенту. В свою очередь климатический коэффициент определяют двумя способами:

1. По агромелиоративному показателю.

$$K = \lambda A + \Delta W + E_g / K_v \cdot y, \text{ где}$$

- $\lambda$  – коэффициент использования атмосферных осадков,
- $A$  – сумма осадков за год,
- $W$  – почвенная влага,
- $E_g$  – вода от грунтовых вод,
- $K_v$  – коэффициент водопотребления (количество воды, необходимое на формирование единицы урожая)

2. Упрощенный способ.

$$K = \lambda A / E, \text{ где}$$

- $\lambda$  – коэффициент использования атмосферных осадков,
- $A$  – сумма осадков за год,
- $E$  – испарение.

Территория планеты по водообеспеченности делится на следующие зоны:

Аридная –  $K < 0,3$

Субаридная –  $K \leq 0,7$

Гумидная –  $K < 0,7-1,2$

Зона тундры занимает около 15% территории. Сумма положительных температур 400-600 °С, осадков до 400 мм/год.  $K = 1-1,2$ . Относится к гумидной зоне. Здесь проводят осушительные мелиорации, а также культуртехнические на улучшение теплового режима.

Лесная зона занимает около 50% территории. Сумма положительных температур 1200-1600 °С, количество осадков 500-700 мм/год.  $K = 0,9 - 1,2$ .

Относится к гумидной зоне. Задача мелиорации, как и в зоне тундры, осушение, улучшение теплового режима.

Лесостепь занимает около 5% территории. Зона благоприятна для с/х деятельности. Задачи мелиорации сохранение влаги, борьба с эрозией почв.  $K=0,7-0,9$ .

Степь занимает 17% территории. Здесь достаточно много тепла, света, но недостаточное количество влаги. Сумма осадков 250-350 мм/год.  $K=0,2-0,7$ . Необходимы мероприятия по орошению, обводнению.

Пустыня и полупустыня. В этой зоне требуется орошение. Сумма активных температур 3000-4000 °С.  $K=0,1$ .

Во всем мире 16% мелиорируемых земель. В РСФСР – 6%, Украина – 9%, Латвия – 83%, Литва – 89%, Эстония – 84%, Армения – 24%, Молдавия – 14%.

## **2. Природно-климатическая характеристика Московской области. Выбор года расчетной обеспеченности.**

### **Анализ природных условий.**

Участок, предусмотренный для проведения мелиорации, расположен в Московской области, которая относится к гумидной зоне. Сумма атмосферных осадков превышает суммарное испарение, что обеспечивает естественный промывной режим почвы. Однако водообеспеченность растений в вегетационный период по годам имеет значительные колебания, что приводит к необходимости проводить поливы.

Для проведения гидротехнических мелиораций (осушения - орошения) необходимо учитывать погодные условия вегетационных периодов. Поэтому параметры осушительной сети определяют с учетом погодных условий самого влажного года. Для параметров оросительной сети учитываются условия самого сухого года. Для анализа погодных условий вегетационного периода и выбора расчетных лет берем период 10 лет. Водообеспеченность вегетационного периода каждого года определяют по разности между

осадками и испарением. Для определения испарения используют разные зависимости:

$$E = K_i \cdot \sum t, \text{ где}$$

- $K_i$  – коэффициент испарения (количество испарившейся влаги на 1 °С,
- $\sum t$  – сумма температур за вегетационный период.

После определения водообеспеченности, годы выстраивают в убывающей последовательности и определяют вероятность повторения года в ряду:

$$P = (m/n+1) \cdot 100, \text{ где}$$

- $m$  – порядковый номер в ряду,
- $n$  – количество лет в ряду (10).

Таблица №1. Расчет выбора характерных лет.

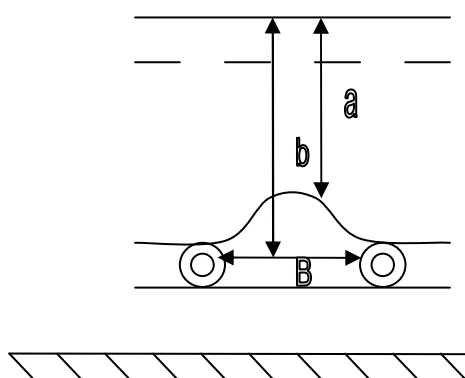
Годы п/п	$\Sigma$ осадков, мм	$\Sigma t$ , °С	Е, мм	Ос – Е, мм	Годы, п/п	Ос – Е, мм	Р, %
1961	300,8	2309	462	-161,2	1965	34,3	9
1962	443,3	2065	413	30,3	1962	30,3	18
1963	336,4	2437	487	-150,6	1969	-82,3	27
1964	206,5	2368	474	-268	1968	-100,4	36
1965	459,3	2125	425	34,3	1966	-102,6	45
1966	364,4	2336	467	-102,6	1963	-150,6	54,5
1967	253,6	2461	492	-238,4	1961	-161,2	64
1968	357,6	2292	458	-100,4	1970	-217	73
1969	343,7	2128	426	-82,3	1967	-238	82
1970	242,5	2293	459	-217	1964	-268	91

Из таблицы №1 видно, что, согласно указанным выше условиям самым влажным годом в данном случае будет 1962, а самым сухим – 1967год.

### 3. Выбор метода и способа осушения.

От метода и способа осушения зависит конструкция осушительной сети и расположения ее на плане. Метод и способ осушения зависит от типа водного питания, т.е. от характера поступления вод к данной территории.

Метод осушения - это комплекс мероприятий, направленный на ликвидацию причины избыточного увлажнения. По заданию источником заболачивания являются безнапорные грунтовые воды. Следовательно, имеется грунтовый тип водного питания. Методом осушения будет понижение уровня грунтовых вод. Способом осушения – техническое воплощение метода осушения. Закрытый горизонтальный дренаж, т.к. он наиболее равномерно снижает уровень грунтовых вод, не препятствует проходу с/х техники и способствует высокому коэффициенту земельного использования.



$a$  – норма осушения,

$b$  – глубина заложения дрен,

$B$  – расстояние между дренами.

#### **4. Основные элементы осушительной сети.**

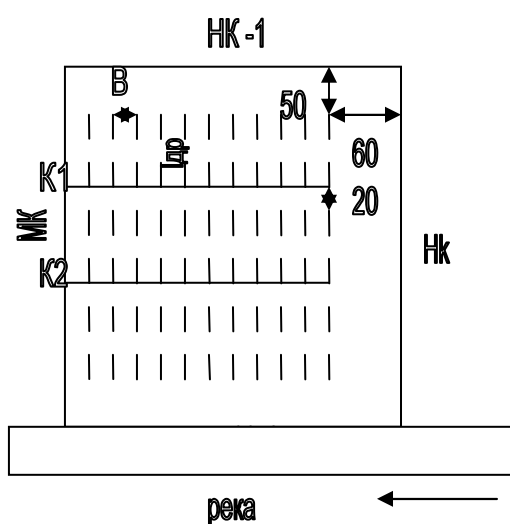
1. Осушаемая территория – часть поймы реки Пахра.
2. Водоприемник – река Пахра.
3. Регулирующая часть системы (закрытые дрены).
4. Проводящая часть системы (закрытые коллекторы и открытые магистральные каналы).
5. Ограждающая часть системы (нагорные, ловчие, нагорно-ловчие каналы).
6. Гидротехнические сооружения (шлюзы-регуляторы, смотровые колодцы, устьевые сооружения).
7. Дороги и дорожные сооружения.

## 5. Требования, предъявляемые к элементам осушительной сети при проектировании.

Водоприемник должен полностью вмещать и своевременно отводить всю избыточную воду, поступающую из осушительной сети за пределы осушаемой территории.

Закрытые дрены служат для приема избыточной воды из почвы и отвода ее в закрытые коллекторы. Минимальный уклон 2 метра на 1000 метров ( $i_{\min} = 0,002$ ). Длина одной дрены ( $l_{др}$ ) 40-250 м (опт. 150-200 м).

Расстояние между дренами ( $B$ ) и глубина заложения дрен ( $b$ ) определяются расчетами.



НК – нагорный канал,

МК – магистральный канал,

$K_1, K_2$  – коллекторы,

$B$  – расстояние между дренами,

$b$  – длина дрены.

Закрытые коллекторы служат для приема воды из дрен и отвода ее в магистральный канал. Проектируем с уклоном  $i_k \geq 0,002 - 0,003$ . Длина коллектора  $L_k = 400-1200$  м. Расстояние между коллекторами определяется длиной дрен и способом подсоединения дрен к коллекторам. В данном примере при устройстве мелиорационных конструкций используются как коллекторы одностороннего действия, так и двухстороннего. Угол

подсоединения дрен к коллектору и коллектора к магистральному каналу д.б. не острее Минимальный угол присоединения дрен 60 °, оптимальный угол 90 °. Коллектор осушает с обеих сторон по 20 метров.

Магистральный канал (МК) служит для приема воды из коллекторов и отвода ее в водоприемник. МК проектируют по наимисшим отметкам местности. Русло канала должно совпадать с направлением паводков и иметь наименьшее число поворотов.

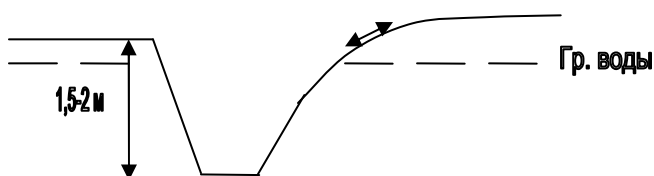
Открытые каналы (ограждающие, МК) проектируют только по границам полей и севооборотов. Открытые каналы осушают с обеих сторон по 50 метров.

Ограждающую сеть проектируют по границам севооборота для перехвата поверхностных и грунтовых вод притекающих с соседних территорий.

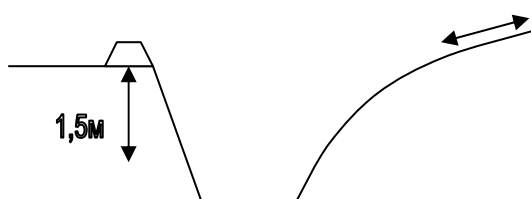
Нагорный канал - НК – служит для перехвата поверхностных вод. Глубина залегания не более 1,5 метров (орт. 1 м).



Ловчий канал – ЛК – служит для перехвата грунтовых вод. Глубина залегания более 1,5 метров (орт. 2 м).



Нагорно-ловчий канал – Н-ЛК –



## 6. Гидротехнические сооружения

Шлюз – регулятор проектируют при впадении магистрального канала в водоприемник либо одного в другой для регулирования уровня воды.

Смотровые колодцы проектируют через каждые 400-500 метров по длине коллектора для наблюдения за уровнем грунтовых вод.

Устьевые сооружения проектируют при впадении коллекторов в магистральный канал.



Условные обозначения:

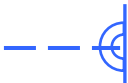
— - открытый магистральный и ограждающий каналы

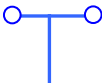
- - - - - закрытый коллектор

- - - - - дрена

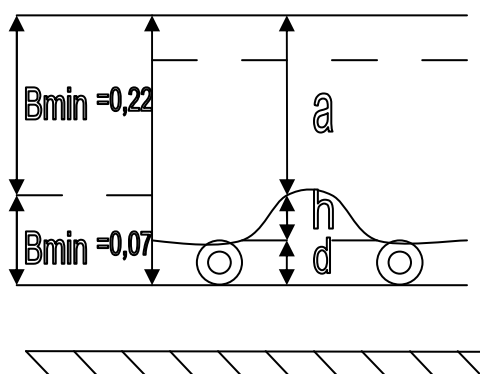
 - шлюз-регулятор

 - смотровой колодец

 - устьевое сооружение

 - трубчатый переезд

## 7. Расчет глубины заложения дрен





$b = a + h + d + \beta b_{\min}$  (м), где:

$a$  – норма осушения. Это требуемая глубина грунтовых вод, которая обеспечивает оптимальный вводно-воздушный режим в активном слое почвы (корневая зона растений). На начало вегетации  $a = 0,5\text{--}0,6$  м.

$h$  – прогиб кривой депрессии. Это кривая грунтовых вод, полученных в результате осушения. Данная величина зависит от механического состава почв. Так в моем примере почвы представлены средним суглинком, подстилаемым тяжёлым суглинком, следовательно  $h = 0,3$  м.

$d$  – внешний диаметр дрены, с учетом фильтрационной обсыпки.  $d = 0,1$  м

$\beta b_{\min}$  – осадка грунта, в результате осушения, где:

$\beta$  – коэффициент уплотнения грунта. Для торфа  $\beta = 0,07$ .

$b_{\min}$  – мощность слоя данного грунта

$$\beta b_{\min} = 0,07 \cdot 0,6 + 0,03 \cdot 0,4 = 0,054$$

На основе описанных выше данных определяем глубину заложения дрен ( $b$ ):

$$b = 0,6\text{ м} + 0,3\text{ м} + 0,1\text{ м} + 0,05\text{ м} = \underline{1,05\text{ м}}$$

## 8. Определение притока воды к дрене:

$q = m_c / t$ ; м/сут, где:

$m_c$  – избыточный слой воды, который необходимо удалить с поверхности и из активного слоя почвы за расчетный период ( $t$ ).

$t$  – расчетный период, на который рассчитывается дренаж (в нашем случае это третья декада апреля, 10 суток).

$m_c = H_b + G \cdot a/2 + O - E$ ; м, где:

$H_b$  – слой воды, оставшейся на поверхности почвы в микропонижениях после снеготаяния. Для Московской области  $H_b = 0,02$  м.

$G$  – коэффициент водоотдачи. Из бланка задания  $G = 0,05$ .

$O, E$  – осадки и испарение за расчетный период, м.

$$E = 0,0015 \cdot t$$

$t$  – средняя температура воздуха за третью декаду апреля “влажного года (1962г.)”.  $t = 7,7$ .

$$E = 0,0015 \cdot 7,4 = 0,01155\text{м}$$

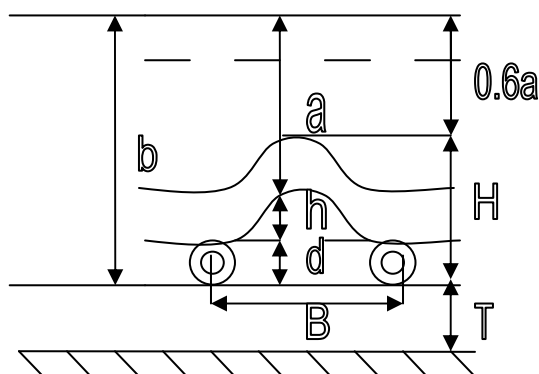
$$O = 4,2\text{мм}/1000 = 0,0042\text{м}$$

$$m_c = 0,02 + 0,05 \cdot 0,6/2 + 0,0042 - 0,01155 = 0,02765\text{м}$$

На основе описанных выше данных определяем притока воды к дрене:

$$q = 0,02765\text{м}/10\text{сут} = 0,0057\text{м}/\text{сут}.$$

## 9. Расчет расстояния между дренами:



$H$  – средний напор воды над дренай за расчетный период.

$$H = b - 0,6a = 1,05 - (0,6 \cdot 0,6) = 0,69\text{м}.$$

$T$  – расстояние от дрена до водоупора.  $T = 6\text{м}$ .

$B$  – расстояние между дренами. Расстояние между дренами может определяться по различным формулам, в зависимости от соотношения  $B/T$ :

1. Если  $B/T > 3$ ,  $B$  определяется по формуле Аверьянова:

$$B = 2H\sqrt{K_f/q} \cdot (1 + 2T/H) \cdot \lambda, \text{ где}$$

$K_f$  – коэффициент фильтрации, м/с. В моем задании  $K_f = 0,1\text{м}/\text{с}$ .

$\lambda$  – коэффициент всячести (учитывает положение дрена относительно водоупора).  $\lambda = 0,9$

2. Если  $B/T < 3$ ,  $B$  определяется по формуле Костякова:

$$B = \pi \cdot K_f \cdot H / 2,3q(\lg B/d - 1); \text{ м}.$$

3. Если  $T = 0$ ,  $B$  определяется по формуле Раде:

$$B = 2H\sqrt{K_{\phi}/q}; \text{ м.}$$

Так в моем примере почвы представлены ср. суглинок, подстилаемым тяжёлым суглинком, следовательно, расстояние между дренами:

$$B_T = 20 \dots 45$$

$$B = 1,38\sqrt{0,07/0,0057} \cdot (1 + 2 \cdot 6/0,69) \cdot 0,9 = 20$$

## 10. Гидравлический расчет дрен и коллекторов:

При гидравлическом расчете определяют пропускную способность и диаметр труб.

$$Q = W \cdot V = WC \sqrt{R} \cdot i; \text{ л/с (м}^3\text{/с), где}$$

$Q$  – расход воды

$W$  – площадь поперечного сечения

$V$  – скорость течения воды. Определяется по формуле:

$$V = c \sqrt{R} \cdot i, \text{ где}$$

$C$  – скоростной коэффициент, зависящий от материала из которого сделаны трубы.

$R$  – гидравлический радиус. Зависит от смоченного периода.

$i$  – уклон трубы

Итак, пропускная способность труб  $Q$  зависит от диаметра труб, от скоростного коэффициента и уклона.  $Q = f(d, c, i)$ :

- Внутренний диаметр дрены - 5 см.

- Материал – керамические трубы

- Минимальный уклон дрены – 0,002

Пропускная способность дрены  $Q$  при данных условиях составляет:

$$Q_T = 0,39 \text{ л/с.}$$

Проверим фактический расход воды в дрене:

$$Q_{\phi} = qm \cdot W_{\text{др}}; \text{ л/с, где}$$

$q_m$  – модуль дренажного стока.

$$q_m = 116 \cdot q; \text{ л/с} \cdot \text{га}$$

$$q_m = 116 \cdot 0,0057 = 0,66; \text{ л/с} \cdot \text{га}$$

$W_{др}$  – площадь обслуживания одной дрены.

$$W_{др} = B \cdot l_{др}/10000 = 0,4 \text{ га, где:}$$

$B$  – расстояние между дренами.  $B = 20\text{м}$

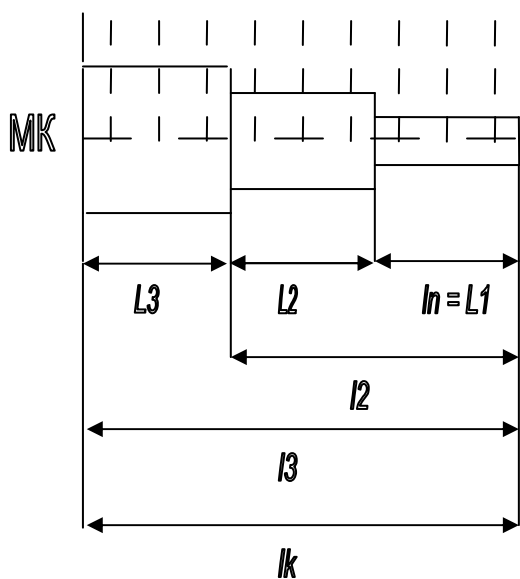
$l_{др}$  – длина дрены.  $l_{др} = 200\text{м}$ .

$$W_{др} = 20 \cdot 200/10000 = 0,4 \text{ га}$$

$$Q_{\phi} = 0,66\text{л/с} \cdot 0,4 \text{ га} = 0,264 \text{ л/с}$$

Вывод: т.к.  $Q_{\phi} = 0,3\text{л/с} < Q_T = 0,39\text{л/с}$  все параметры дренажа запроектированы верно.

Коллекторы проектируют телескопического поперечного сечения, т.е. с увеличивающимся диаметром от истока к устью по мере увеличения числа дрен впадающих в коллектор.



Коллекторы выпускают следующих диаметров (см): 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 25.0, 30.0... и т.д. до метра.

Длину участка для одностороннего коллектора заданного диаметра определяют по формуле:

$$L_n = Q_k \cdot B/Q_{\phi}; \text{ м, где}$$

$Q_k$  – пропускная способность коллектора заданного диаметра и известного уклона, определяемая по гидравлической таблице.

$Q_\phi$  – фактическая пропускная способность ?  $Q_\phi = 0,3$

$B$  – расстояние между дренами.  $B = 25,5\text{м}$

$$L_n = ln - ln-1$$

$$L_k = 565$$

$$i_k = \Delta uct - \Delta uct / Lk$$

$$i_k = 249,9 - 247,4 / 565 = 0,004;$$

$d_k$	$Q_k$	$l_n$	$L_n$	Число коллекторов	$\Sigma L_{\text{труб}}$
10	3,08	205,3	205,3	10	2053
12,5	5,72	381,3	176	10	1760
15	9,15	610	434	10	4340

## 11. Глубина и вертикальное сопряжение элементов осушительной сети.

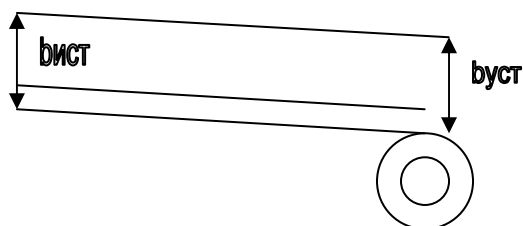
При вертикальном сопряжении необходимо обеспечить безподпорную работу всех элементов осушительной сети.

Вертикальное сопряжение элементов осушительной сети состоит из нескольких этапов.

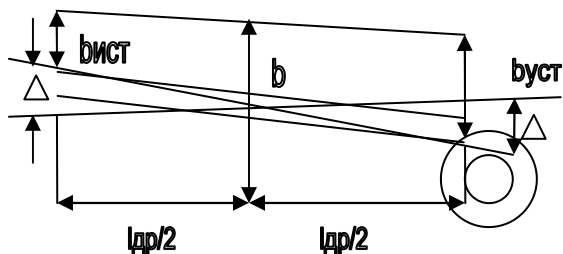
Первый этап: Определение глубины залегания дрены от ее истока до устья.

Для этого необходимо определить уклон дрены. Возможны два случая.

1)  $i \geq 0,002$ , т.е. уклон дрены больше или равен минимально допустимой величине, обеспечивающей нормальный отток воды, то дрена закладывается параллельно уровню поверхности земли и глубина ее залегания от источника до устья будет одинакова –  $b^{\text{ист}} = b^{\text{уст}} = b$



2)  $i < 0,002$ , т.е. естественный уклон менее минимально допустимого и не обеспечит полноценный сток воды. В этом случае глубина залегания дрены в ее источнике будет отличаться от глубины залегания при впадении в коллектор:  $b^{ист} = b - \Delta$ ,  $b^{уст} = b + \Delta$ .



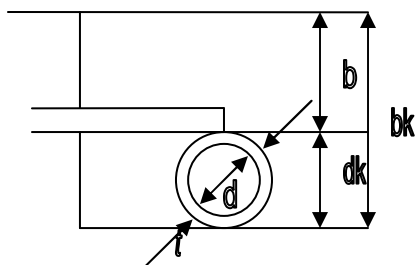
Вывод: т. к. в моем примере уклон дрены ( $i$ ) больше минимально допустимого значения (0,002):

$$i = \Delta_{ист} - \Delta_{уст} / l_{др}$$

$$i = 0,003$$

т.е. уклон рельефа вполне позволяет обеспечить полноценный сток воды и следовательно дрена будет залегать параллельно уровню земли. Ее глубина в истоке и устье будет одинаковой –  $b^{ист} = b^{уст} = b = 1,05$

Второй этап: Сопряжение дрены с коллектором.



Глубина залегания коллектора определяется по формуле:

$$b_k = b + d_k, \text{ где}$$

$d_k$  – внешний диаметр коллектора,

$$d_k = d + 2\tau, \text{ где}$$

$d$  – внутренний диаметр коллектора,

$\tau$  – толщина стенок коллектора.

Определим диаметр коллектора в источнике:

$$b_k^{\text{ист}} = b + d_{k \text{ min}} ; \text{м}$$

$$d_{k \text{ min}} = 0,1\text{м} + 2 \cdot 0,01\text{м} = 0,12\text{м}$$

$$b_k^{\text{ист}} = 1,05 + 0,12 = 1,17$$

Определим диаметр коллектора в устье:

$$b_k^{\text{уст}} = b + d_{k \text{ max}} ; \text{м}$$

$$d_{k \text{ max}} = d_{\text{max}} + 2\tau_{\text{max}} ; \text{м}$$

Толщина стенок коллектора ( $\tau$ ) изменяется пропорционально увеличению его диаметра:

$$\tau_{12,5} = 0,015\text{м},$$

$$\tau_{15,0} = 0,02\text{м},$$

$$\tau_{17,5} = 0,02\text{м},$$

$$\tau_{20} = 0,025\text{м},$$

В моем случае максимальный диаметр  $d_{\text{max}} = 0,175$  добавим оправку на толщину стен:

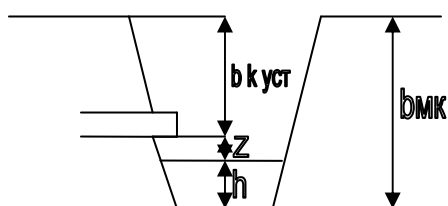
$$d_{k \text{ max}} = 0,175 + 2 \cdot 0,02\text{м} = 0,1754$$

Отсюда получаем глубину залегания коллектора в устье:

$$b_k^{\text{уст}} = 1,05 + 0,18 = 1,23 \text{ м}$$

Третий этап: Определение глубины магистрального канала.

При сопряжении коллектора с магистральным каналом необходимо, чтобы дно коллектора было на 10 – 20 см выше уровня воды в канаве



$$b_{\text{МК}} = b_k^{\text{уст}} + Z + h; \text{ м, где}$$

$Z$  – превышение дна коллектора над уровнем воды в канале.  $Z = 0,1-0,2$ м.

$h$  – глубина воды в канале.  $h = 0,5$ м.

$$b_k^{уст} = 1,23\text{м},$$

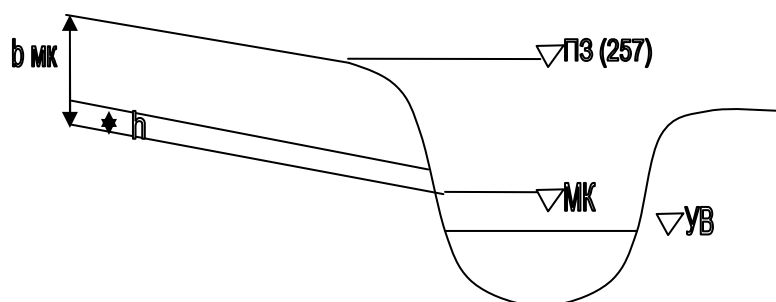
$$Z = 0,15\text{м},$$

$$h = 0,5\text{м}.$$

$$b_{МК} = 1,23 + 0,15\text{м} + 0,5\text{м} = 1,9\text{м}.$$

Четвертый этап: сопряжение магистрального канала с водоприемником.

При сопряжении магистрального канала с водоприемником необходимо, чтобы дно канала было ниже уровня воды в водоприемнике.



По заданию уровень воды в водоприемнике на 2м ниже поверхности земли. Поскольку отметка уровня земли (ПЗ) в месте сопряжения магистрального канала и водоприемника равна 257 то уровень вода в водоприемнике будет на отметке 255

Определим отметку магистрального канала:

$$\Delta_{МК} = \Delta_{ПЗ} - b_{МК} = 259 - 1,9 = 257,1$$

Из выше приведенных вычислений можно сделать вывод, что отметка магистрального канала на 0,1 выше уровня воды в водоприемнике. Следовательно, будет обеспечена бесподпорная работа всех элементов осушительной сети.

## 12. Хозяйственный план регулирования водного режима.

Для составления такого плана необходимо иметь схему осушительно-оросительной сети, почвенную карту, сведения о колебании уровня грунтовых вод, прогнозы погоды, состав культур в севообороте.



Запасы влаги в расчетном слое почвы определяют по уравнению водного баланса за каждую декаду с учетом глубины развития корневой системы растения и продолжительности вегетации.

Выделяют 3 группы культур по скороспелости:

- ранние
- среднеспелые
- поздние

Состав культур овощекормового севооборота следующий:

1. Капуста ранняя
2. Зернобобовые
3. Капуста поздняя
4. Кукуруза на силос
5. Морковь столовая
6. Свекла столовая

Заданные по заданию, глубину грунтовых вод, температуру и осадки по декадам заносим в сводную таблицу №5.

Водные свойства почвы определяем на основании данных таблицы по следующим формулам:

$$ПВ = П\% \cdot h; \text{ м}^3/\text{га}$$

$$ППВ = ППВ\% \cdot h; \text{ м}^3/\text{га}$$

$$ВЗ = ВЗ\% \cdot h; \text{ м}^3/\text{га}$$

$$h = 10 \text{ см}$$

Нижний предел оптимальной влажности определяем по формуле:

$$А = ППВ + ВЗ / 2; \text{ м}^3/\text{га}$$

Запас влаги в слое прироста корневой системы определяем по формуле:

$$\Delta W = \Delta ПВ \sqrt{1 + У/Нk} [1 - (ВЗ_c - ПВ_c)^2]; \text{ где}$$

-  $\Delta ПВ$  – увеличение полной влагоемкости в слое прироста

$$\Delta ПВ = ПВ_n - ПВ_{n-1},$$

Т.К. в первой декаде прироста корневой системы не было и  $\Delta ПВ = 0$ , следовательно, запас влаги в слое корневой системы  $\Delta W = 0$ .

-  $Y$  – расстояние от грунтовых вод до середины прироста корневой системы.

$$Y_n = h_{Гн} - (h_{К.С. n-1} + \Delta h_{К.С.} / 2); \text{ где}$$

$h_{Гн}$  – глубина грунтовых вод (взята из заданной скважины)

$h_{К.С.}$  – глубина залегания корневой системы

-  $H_k$  – высота поднятия капиллярной каймы.

Для суглинка:

$$HK = 1.5$$

-  $VЗ_c$ ,  $ПВ_c$  – средние значения влажности завядания и полной влагоемкости

$$VЗ_c / ПВ_c = VЗ / ПВ$$

$$(VЗ_c / ПВ_c)^2 = (\sum VЗ_c / \sum ПВ_c)^2$$

Используемые осадки (P) определяем по формуле:

$$P = K_n \cdot O; \text{ м}^3/\text{га}, \text{ где}$$

$O$  – осадки по декадам

$K_n$  – коэффициент использования осадков.  $K_n = 0,7$

Следовательно:

$$P = 7 \cdot O$$

Водопотребление (E) определяем по формуле:

$$E = k \sum t; \text{ м}^3/\text{га}, \text{ где}$$

$k$  – коэффициент испаряемости. Зависит от степени увлажнения почвы.  $k =$

$$2.2 \text{ м}^3/\text{га} \cdot 1^\circ\text{C}$$

$$E = 2,2 \cdot 10t; \text{ м}^3/\text{га}$$

$$E = 22 \cdot t; \text{ м}^3/\text{га}$$

Подпитывание грунтовыми водами ( $E_r$ ) определяем по формуле:

$$E_T = E_0 \cdot (1 - h/Hk)^2; \text{ м}^3/\text{га}, \text{ где}$$

$E_0$  – максимальная испаряемость, т.е. при максимальном увлажнении почвы.

$$E_0 = 25 \cdot t; \text{ м}^3/\text{га}$$

$h$  – расстояние от грунтовых вод до середины развития корневой системы растений.

$$h = h_{Гн} - h_{К.С.} / 2; \text{ м}$$

Запасы влаги на конец расчетной декады определяем по уравнению водного баланса:

$$W_K = W_H + \Delta W + P + E_T - E; \text{ м}^3/\text{га}, \text{ где}$$

$W_H$  – запасы влаги на начало рассматриваемой декады, которые определяются в соответствии с запасами влаги на конец предыдущей декады.

Только на начало вегетации:

$$W_H = \text{ППВ}$$

Возможны три случая:

		ПВ
1) <b>избыток</b>		ППВ (НВ)
2) <b>оптимум</b>		А
3) <b>дефицит</b>		ВЗ

1)  $W_K > \text{ППВ}$ , т.е. избыток влаги (И)

$I = W_K - \text{ППВ}$ , осталось ППВ, следовательно

$$W_{\text{н следующей декады}} = \text{ППВ}_{\text{предыдущей декады}}$$

2)  $A < W < \text{ППВ}$  – это оптимальный диапазон, следовательно

$$W_{\text{н следующей декады}} = W_{\text{к предыдущей декады}}$$

3)  $W_K < A$ , т.е. недостаток влаги (Н)

$$H = A - W_K$$

Максимально повысить уровень воды можно до  $ППВ_{\max}$

$$m_{\max} = ППВ - W_k$$

$m_{\text{принятое}} \approx 0,9 \text{ max}$ , но не более  $400 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Полученное значение  $m_{\text{принятое}}$  округляем кратно 50.

$$W_{\text{н следующей декады}} = W_k + m_{\text{принятое}}$$

### 13.Сроки, нормы полива и сброса избыточных вод.

Поливы, полученные по расчету в 5 таблице приурочивают к периодам максимальной потребности растений в воде. Поливы, приходящиеся по расчету на последнюю вегетационную декаду 1-й группы культур, и последние две декады 2 и 3-й групп культур переносят на более ранние сроки. Кроме того, агроном хозяйства может назначить дополнительные поливы:

освежительный, подкормочный, приживочный. Эти поливы назначают минимальными нормами:  $m = 50; 100 \text{ м}^3/\text{га}$ .

**Норма увлажнения** определяется по формуле:

$$m_y^{\text{нетто}} = m_{\text{принятое}} \text{ (из 5 таблицы)}$$

$$m_y^{\text{брутто}} = m_y^{\text{нетто}} / \eta_{\text{оросительной сети}}, \text{ где}$$

-  $\eta_{\text{оросительной сети}}$  - коэффициент полезного действия, равный 0,9.

**Время увлажнения** определяется по формуле:

$$t_y = m_y^{\text{брутто}} \cdot W_n / 3,6 \cdot Q_m \cdot T \cdot \eta ; \text{ сут., где}$$

-  $W_n$  - площадь поля занятая культурой, га. В моем примере  $W_n = 31,5 \text{ га}$ .

- 3,6 – переводной коэффициент

-  $Q_m$  – расход дождевальнoй машины, л/с. В моем примере используется машина Дкш – 58, Волжанка, расход которой равен 58 л/с.

-  $T$  – число часов работы машины в течение суток. При двусменной работе  $T = 16 \text{ часам}$ .

-  $\eta$ - коэффициент использования рабочего времени машины.  $\eta = 0,8$ .

**Расход на увлажнение** определяется по формуле:

Для ДДА – 100МА:

$$Q_y = m_y^{\text{брутто}} \cdot W_n / 3,6 \cdot t_y \cdot T ; \text{ л/с}$$

В случае избыточной влаги норму сброса определяют по формуле:

$$m_c = И, \text{ где}$$

-И – избыток воды, определенный в таблице 5.

**Время сброса** определяется по формуле:

$$t_c = m_c / 86,4 \cdot q_m, \text{ сут., где}$$

-  $q_m$  - модуль дренажного стока

**Расход на сброс** определяется по формуле:

$$Q_c = m_c \cdot W_n / 86,4 \cdot t_c ; \text{ л/с}$$

## **14. Оперативный план регулирования водного режима**

Оперативный план регулирования водного режима составляется в виде календарного плана-графика. В соответствующую декаду для каждой культуры записывают целым числом норму полива (сброса).

В числителе записывают даты полива (сброса). В знаменателе число машин на полив и расход на увлажнение (сброс). Поливы записывают красным цветом, сбросы – синим. Все данные оперативного плана записывают в восьмую таблицу на основании данных седьмой таблицы.

## **15. Расчет и проектирование оросительной части системы.**

Оросительную сеть проектируем закрытой из асбестоцементных трубопроводов. Полив – дождеванием.

### **1) Выбор источника орошения**

При выборе источника орошения определяется возможная площадь орошения из реки:

$$W_{\text{ор}} = Q_{\text{ор}} / q \geq W_{\text{уч}},$$

Необходимо, чтобы возможная площадь орошения была не менее площади всего севооборота, тогда реку можно использовать в качестве источника орошения.

$Q_{\text{ор}}$  - часть стока реки, которую можно забрать на орошение,

$$Q_{\text{ор}} = (0,3 \dots 0,5) Q_{\text{р}}; \text{ л/с},$$

$Q_{\text{р}}$  – сток реки в меженный период. У реки Пахра  $Q_{\text{р}} = 1000 \text{ л/с}$ .

$$Q_{\text{ор}} = 0,4 \cdot 1000 = 400 \text{ л/с},$$

$q$  – гидромодуль, т.е. расход воды на полив, л/с, на единицу площади, при круглосуточном поливе  $q = 0,8 \text{ л/с} \cdot \text{га}$ .

$$W_{\text{ор}} = 400 \text{ л/с} / 0,8 \text{ л/с} \cdot \text{га} = 500 \text{ га}$$

$$W_{\text{уч}} = 31,5 \cdot 6 = 189 \text{ га},$$

Вывод: река пригодна в качестве источника орошения.

## **2) Выбор места под насосную станцию**

Насосную станцию проектируют на пологом устойчивом берегу не подверженном размыву. Этому условию соответствует отметка 247.

## **3) выбор типа дождевальнoй машины**

При выборе машины предъявляют следующие требования:

1. Интенсивность дождя машины не должна превышать впитывающей способности почвы.

$$J \leq K_{\text{bn}}; \text{ мм/мин},$$

Ограничение по поливной норме  $400 \text{ м}^3/\text{га}$  за декаду.

При использовании машин дкш – 58, необходимо увеличивать поглощающую способность почвы и снижать вероятность поверхностного стока, приводящего к эрозии почв.

2. Габариты машин должны вписываться в размеры и конфигурацию поля.

3. Необходимо технико-экономическое сравнение.

Вышеперечисленным требованиям отвечает машина Дкш – 58, при условии проведения дополнительных мер по увеличению впитывающей способности почвы и снижении поливных норм до 200 м<sup>3</sup>/га.

### **Дкш – 58, ВОЛЖАНКА.**

Состоит из 2-х поливных трубопроводов длиной 400 м каждый, на которых расположены среднеструйные насадки. D разбрызгивателя 36 м. В = 400\*2  
а = 36 м .

Поливные трубопроводы колёсные. Предназначена для полива лука, стебельных культур, овощных. Расход машины 58.

### **Расчет полива дождеванием**

1. Интенсивность дождя

$$J = 60 \cdot Q / K \cdot W_{\text{ст}}; \text{ мм/мин}$$

Данная формула пригодна для машин работающих позиционно.

K – коэффициент учитывающий условия работы машины. K = 0,95

W<sub>ст</sub> - площадь полива с одной позиции. W<sub>ст</sub> = 800 · 36.

2. Время стоянки на одной позиции

$$T_{\text{ст}} = m_n / 10J - \text{ для позиционных машин.}$$

$$400:10 \cdot 0,127 = 308 \text{ мин} = 5,1 \text{ ч.}$$

3. Суточная производительность машины

$$W_{\text{сут}} = 3,6 \cdot Q \cdot T \cdot \eta_{\text{сут}} / m ; \text{ га}$$

Q – расход машины, л/с

T – 16ч

$\eta_{\text{сут}}$  – коэффициент использования рабочего времени машины.  $\eta_{\text{сут}} = 0,8$

m – максимальная поливная норма = 400

$$W_{\text{сут}} = 6,7 \text{ га}$$

4. Сезонная производительность машины

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{сут}} \cdot t \cdot n_{\text{сез}}; \text{ га, где}$$

$n_{\text{сез}}$  - коэффициент использования рабочего времени машины.  $\eta_{\text{сут}} = 0,8$

t – межполивной период, из бланка задания, t = 10 сут.

$$W_{\text{сез}} = 6,7 \text{ га/сут} \cdot 11 \text{ сут} \cdot 0,8 = 59 \text{ га}$$

5. Число машин, необходимых для полива всего севооборота

$$n = W_{\text{уч}} / W_{\text{сез}} \cdot K_3 = (31,5 \cdot 6 / 59) \cdot 1,1 = 3$$

$K_3$  – коэффициент запаса = 1,1

### **Гидравлический расчет напорной оросительной сети**

При гидравлическом расчете определяют диаметры и пропускную способность труб.

$$Q = W \cdot V; \text{ л/с, м}^3$$

$W$ - площадь поперечного сечения,  $W = \pi d^2 / 4$

$$d = 1,13 \sqrt{Q/V}; \text{ м}$$

$$V = 1,27 \cdot Q / d_{\text{гост}}^2; \text{ м/с}$$

Для асбестоцементных труб допустимые скорости находятся в диапазоне

$$V_{\text{асб}} = 0,75 \dots 1,5 \text{ м/с}$$

### **1. Расчет полевого трубопровода**

$$Q_{\text{ПТ}} = Q_m / 1000 \cdot \eta_{\text{о.с.}}; \text{ м}^3/\text{с, где}$$

- $\eta_{\text{о.с.}} = 0,98$  - КПД оросительной сети

- $Q_m$  – расход машины

$$Q_{\text{ПТ}} = 58 / 1000 \cdot 0,98 = 0,006 \text{ м}^3/\text{с}$$

### **Диаметр полевого трубопровода**

$$d_{\text{ПТ}} = 1,13 \sqrt{Q_{\text{ПТ}} / V}; \text{ м}$$

$$d_{\text{ПТ}} = 0,276$$

По ГОСТУ 539-48 определяем подходящую для получившихся значений марку трубопровода: Марка ВНД-5 асбест с диаметром 243мм.

$$d_{\text{ПТ Гост}} = 0,243 \text{ м}$$

### **Скорость полевого трубопровода**

$$V_{\text{ПТ}} = 1,27 \cdot Q_{\text{ПТ}} / d_{\text{ПТ Гост}}^2; \text{ м/с, где}$$

$$V_{\text{ПТ}} = 1 \text{ м/с}$$



## **2. Расчет распределительного трубопровода**

$$Q_{PT} = Q_{PT} \cdot n / \eta_{PT}; \text{ м}^3/\text{с}, \text{ где}$$

-n – число машин работающих на распределительном трубопроводе, n = 2

- $\eta_{o.c} = 0,98$  – КПД распределительного трубопровода

- $Q_m$  – расход машины

$$Q_{PT} = 0,006 \cdot 2 / 0,99 = 0,121 \text{ м}^3/\text{с}$$

### **Диаметр распределительного трубопровода**

$$d_{PT} = 1,13 \sqrt[3]{Q_{PT} / 1}; \text{ м}$$

$$d_{PT} = 0,39$$

По ГОСТУ 539-48 определяем подходящую для получившихся значений марку трубопровода: Марка ВНД-5 асбест с диаметром 576 мм.

$$d_{PT \text{ Гост}} = 0,386$$

### **Скорость в распределительном трубопроводе**

$$V_{PT} = 1,27 \cdot Q_{PT} / d_{PT \text{ Гост}}^2; \text{ м/с}, \text{ где}$$

$$V_{PT} = 1,02 \text{ м/с}$$

## **3. Расчет магистрального трубопровода**

Так как по расчету число машин необходимых для полива всего севооборота равно числу машин работающих на распределительном трубопроводе (n = 2), то диаметр распределительного равен диаметру распределительного трубопровода:

$$Q_{MT} = 0,121 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_{MT \text{ Гост}} = 0,386$$

$$V_{MT} = 1,02 \text{ м/с}$$

## **Подбор насосно-силового оборудования к оросительной сети**

К насосно-силовому оборудованию относится насос и двигатель. Двигатель подбирается по мощности насоса. Для подбора марки насоса необходимо знать расчетный расход и полный напор в оросительной сети.

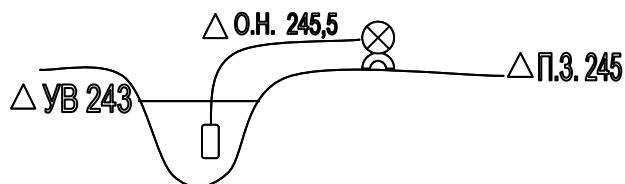
$Q_{\text{расчетное}}$

$H_{\text{полное}}$  - полный напор

$$Q_{\text{расчетное}} = Q_{\text{МТ}} = Q_{\text{РТ}} = 0,121 \text{ м}^3/\text{с} = 121 \text{ л/с}$$

### Определение полного напора насоса

$$H_{\text{полное}} = H_{\text{всасывающей линии}} + H_{\text{нагнетательной линии}} ; \text{М}$$



- ΔО.Н. – отметка оси насоса,
- ΔП.З. – отметка поверхности земли,
- ΔУ.В. – отметка уровня воды,

$$\Delta_{\text{УВ}} = \Delta_{\text{ПЗ}} - 2\text{м} = 259 - 2 = 257$$

$$\Delta_{\text{О.Н.}} = \Delta_{\text{ПЗ}} + 0,5 \text{ м} = 259 + 0,5 = 259,5$$

### Напор всасывающей линии

$$H_{\text{в.л.}} = h_{\text{Г}} + h_{\text{т.в.}} + h_{\text{м.в.}} ; \text{М}$$

$h_{\text{Г}}$  - геодезический напор подъема воды из водоисточника до оси насоса

$$h_{\text{Г}} = \Delta_{\text{О.Н.}} - \Delta_{\text{УВ}} = 259,5 - 257 = 2,5$$

$h_{\text{т.в.}}$  – потери напора на трение по длине во всасывающей линии

$$h_{\text{т.в.}} = \lambda \cdot V^2 / 2g \cdot l / d ; \text{м, где}$$

- $\lambda$  – скоростной коэффициент для стальных труб,  $\lambda = 1/40$
- $V$  – скорость течения воды,  $V = 2 \text{ м/с}$
- $l$  – расстояние насоса от водоисточника,  $l = 30 \text{ м}$
- $d$  – диаметр =  $0,5 \text{ м}$
- $g$  –  $9,81 \text{ м/с}^2$

$$h_{т.в} = 1/40 \cdot 4/19,62 \cdot 30/0,5 = 0,306 \text{ м}$$

$h_{м.в}$  - потери напора на местное сопротивление во всасывающей линии.

$$h_{м.в} = \beta \cdot V^2 / 2g ; \text{ м, где}$$

-  $\beta$  – коэффициент местных потерь,  $\beta = 4 \dots 6$

$$h_{м.в} = 5 \cdot 2^2 / 2 \cdot 9,81 = 1,019 \text{ м}$$

$$H_{в.л.} = 2,5 + 0,306 + 1,019 = 3,83$$

### Напор нагнетательной линии

$$H_{н.л.} = H_{\Gamma} + \sum h_{т.н.} + \sum h_{м..н.} + H_{с.в.}; \text{ м, где}$$

-  $H_{\Gamma}$  – геодезический напор подъема от оси насоса до самого высокого гидранта

$$H_{\Gamma} = \Delta v.г. - \Delta o.н.;$$

$$H_{\Gamma} = 270,5 - 259,5 = 11 \text{ м};$$

-  $\sum h_{т.н}$  - сумма потерь напора на трение по длине в нагнетательной линии

$$\sum h_{т.н} = \lambda / 2g (V_{ср}^2 \cdot L / d_{ср\text{ Гост}}^2); \text{ м}$$

-  $\lambda$ - скоростной коэффициент для асбестоцементных труб,  $\lambda = 1/50$

$$- V_{ср} = V_{пт} + V_{рт} / 2 = 1 + 3,2 / 2 = 2,1 \text{ м/с}$$

$$- d_{ср\text{ Гост}} = d_{пт\text{ Гост}} + d_{рт\text{ Гост}} / 2 = 0,41 \text{ м}$$

-  $L$  - расстояние от насоса до самого отдаленного гидранта,  $L = 1500 \text{ м}$

$$\sum h_{т.н} = 6,331 \text{ м}$$

-  $\sum h_{м..н}$  – сумма потерь напора на местные сопротивления в нагнетательной линии

$$\sum h_{т.н} = 0,1 \cdot \sum h_{т.н}; \text{ м}$$

$$\sum h_{т.н} = 0,633 \text{ м}$$

-  $H_{с.в.}$  – свободный напор на гидранте, для ДКШ-58  $H_{с.в.} = 42 \text{ м}$

$$H_{н.л.} = 11 + 6,331 + 0,633 + 42 = 60 \text{ м}$$

Таким образом, из приведенных выше расчетов напора нагнетательной линии и напора всасывающей линии, получим полный напор насоса:

$$H_{\text{полное}} = 60 + 3,83 = 64 \text{ м}$$

### **Подбор марки насоса и двигателя**

$$H_{\text{полное}} = 64 \text{ м}$$

$$Q_{\text{расчетное}} = 121 \text{ л/с}$$

Принимаем 2 насоса марки 6НДс. Этот двигатель имеет следующие характеристики:

- производительность  $Q = 60 - 92 \text{ л/с}$
- $H = 80 - 64 \text{ м}$
- число оборотов  $n_{\text{об. нас.}} = 2950 \text{ об/мин}$
- коэффициент полезного действия  $\eta = 76-80$

Определим мощность насоса

$$N_{\text{насоса}} = Q_{1 \text{ насоса}} \cdot H_{\text{полное}} / 102 \cdot \eta ; \text{ кВт}$$

$$Q_{1 \text{ насоса}} = Q_{\text{расчетное}} / n_{\text{насоса}} = 121 \text{ л/с} / 2 = 60,5 \text{ л/с}$$

$$N_{1 \text{ насоса}} = 60,5 \text{ л/с} \cdot 64 \text{ м} / 102 \cdot 0,8 = 47,5 \text{ кВт}$$

К каждому насосу подбираем двигатель.

Определим мощность двигателя:

$$N_{\text{двигателя}} = 1,15 \cdot N_{1 \text{ насоса}} ; \text{ кВт}$$

$$N_{\text{двигателя}} = 55 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{об нас}} \approx n_{\text{об дв}} \pm 50 \text{ об/мин}$$

$$n_{\text{об нас}} \approx 2940 \text{ об/мин}$$

Подходящая марка двигателя АД – 81 – 2

## 16. Расчет экономической эффективности строительства осушительно – оросительной сети.

Экономическая эффективность определяется сроком окупаемости.

$$\Theta = (L_{к.з.} / \Delta ЧД) + 1 < 10 \text{ лет}$$

-  $L_{к.з.}$  -  $\sum$  всех капитальных затрат на строительство осушительно-оросительной сети.

-  $\Delta ЧД$  – дополнительный чистый доход, полученный в результате мелиорации.

Капитальные затраты складываются:

$$L_{к.з.} = L_{з.р.} + L_{к.р.} + L_{гтс} + L_{труб} + L_{дорог} + L_{дождев. машин.}$$

-  $L_{з.р.}$  – стоимость земляных работ (табл. 9)

-  $L_{к.р.}$  – стоимость культур-технических работ (табл. 10)

-  $L_{гтс}$  – стоимость гидротехнических сооружений

-  $L_{труб}$  – стоимость труб

-  $L_{дорог}$  – стоимость дорог

-  $L_{дождев. машин}$  – стоимость дождевальных машин

**Стоимость земляных работ, включая 15% на неучтенные затраты, приведена в табл. 9:  $L_{з.р.} =$**

**Стоимость культур-технических работ, включая 15% на неучтенные затраты, приведена в табл. 10:  $L_{к.р.} = 14628 \text{ у.е.}$**

### Стоимость гидротехнических сооружений.

ГТС	Стоимость единицы, у.е.	Количество сооружений	Общая стоимость, у.е.
Устьевые сооружения	50	10	500
Смотровые колодцы	70	10	700
Шлюзы-регуляторы	3000	2	6000
Водовыпуски во временные	50	74	3700

оросители			
Концевые сбросы во временные оросители	30	74	2220
Распределительные колодцы на закрытых трубопроводах	100	1	100
Трубчатые переезды	700		
Пешеходные мосты через мосты	100		
Вантус	80	1	80
Итого	-	-	13300
Стоимость насосной станции	$C_{н.с.} = 1,5 \cdot Q_{расчетное} \cdot H_{полное} = 1,5 \cdot 121л/с \cdot 64 м = 11616$ у.е.		
Стоимость всего			24916

### Стоимость дорог

Покрытие дороги	Стоимость 1 км дороги, у.е.	Протяженность дороги, км	Общая стоимость, у.е.
Полевые, без покрытия	75	14,5	1088
Улучшенные, с бетонным покрытием	1000	28	28000
Итого:	1075	42,5	29088

### Стоимость дождевальной машины

Название дождевальной машины	Стоимость 1 дождевальной машины, у.е	Количество дождевальных машин	Общая стоимость, у.е.
Дкш-58	8932	2	17864

### Стоимость труб осушительно-оросительной сети

Наименование труб d, см, мм	Стоимость 1 погонного метра, у.е.	Суммарная протяженность, м	Общая стоимость, у.е.
1. Керамические, см			
5,0	0,197	316863	62422
10,0	0,437	2053	971
12,5	0,632	1760	1112
15,0	1,178	4340	5113
17,5	1,426	1150	1640
2. Асбестоцементные, мм			
386	9,94	850	8449

576	11,46	50	573
Итого	-	-	80280

**Посчитаем стоимость капитальных затрат:**

$$L_{к.з} = 280680$$

**Посчитаем экономическую эффективность:**

$$\Theta = (280680 / 423675) + 1 = 1,7$$

что меньше 10 лет, и следовательно **экономически выгодно.**