

**ТРУДЫ** СРЕДНЕАЗИАТСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ИРРИГАЦИИ

Выпуск 34

А. П. ВАВИЛОВ и С. М. КРИВОВЯЗ

**К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПЛАНИРОВКИ ПОВЕРХНОСТИ  
ОРОШАЕМЫХ ПОЛЕЙ**

САНИИРИ

ТАШКЕНТ—1939

А. П. ВАВИЛОВ и С. М. КРИВОВЯЗ

# К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ОРОШАЕМЫХ ПОЛЕЙ

До пользования книгой просьба внести следующие исправления

| Страница      | Строка |       | Напечатано              | Следует читать          |
|---------------|--------|-------|-------------------------|-------------------------|
|               | Сверху | Снизу |                         |                         |
| 26<br>черт. 5 |        | 1     | (См. черт. 8)<br>269.70 | (См. черт. 6)<br>269.00 |
| 33            | 1      |       | $= v_n$                 | $= \Sigma v_n$          |

К заказу 1373.

В 1935—36 гг. нами в Санири была разработана путем камеральных исследований методика проектирования планировочных работ, которая до настоящего времени еще не была апробирована в производственных условиях. Учитывая крайнюю недостаточность существующей литературы по этому вопросу и то развитие, которое в ближайшем будущем должны получить работы по планировке при переустройстве колхозов и освоении перелогов и пустующих земель (как одно из основных мероприятий, создающих условия для улучшения техники полива и мелиоративного состояния орошаемых участков), мы публикуем настоящую статью в порядке постановки вопроса и считаем, что предлагаемая методика должна быть проверена на опыте, что может дать в дальнейшем упрощение предлагаемых методов.

В первой части настоящей работы мы рассматриваем условия для проектирования орошаемой поверхности — требования рационального полива к поверхности, и во второй даем методику проектирования.

В настоящей работе, как руководитель того сектора, в котором она проводилась, принимал участие инженер А. Н. Ляпин.

*Авторы*

## **I. Условия для проектирования орошаемой поверхности**

Единицей организованной площади в орошаемом хозяйстве, внутри которой самостоятельно происходит распределение поливной воды и накопление влаги, является поливная делянка, и поэтому форма ее поверхности должна соответствовать характеру движения воды при принятом способе полива или системе различных способов полива, чередующихся при смене культур в севообороте. На всей карте форма поверхности зависит от поверхности входящих в карту поливных делянок и расположения их в плане.

Особенности проектировки и методика проектировочных работ в значительной мере зависят от вида проектируемой поверхности, и поэтому целесообразней всего рассмотрение вести по отдельным способам полива с учетом возможности чередования различных способов полива в севообороте.

Все способы полива, в зависимости от характера поступательного движения воды по поверхности и условий впитывания, можно разделить на две группы:

1. Увлажнение почвы происходит под малым напором, в основном во время свободного движения поливной воды по полю, без накопления ее на поверхности некоторым слоем.

К этой группе относятся бороздчатый полив и напуск.

2. Движущаяся вода накапливается (путем создания подпора) на поверхности орошаемого участка некоторым слоем, и увлажнение почвы происходит в основном за счет впитывания стоячей воды, скопившейся на делянке при относительно большом напоре.

Сюда относятся полив затоплением, по глубоким бороздам, при условии быстрого наполнения их, и по джоякам.

В промежуточную группу могут быть отнесены способы полива по длинным, тупым бороздам без сброса, когда увлажнение верхней части производится за период продвижения воды по бороздам от головной части к концу, а нижняя часть увлажняется путем наполнения ее и за счет стока воды в эту часть, после прекращения полива.

Описанные две основные группы поливов предъявляют различные требования к форме поверхности.

Вторая группа способов полива дает наилучшие результаты при наличии горизонтально выравненной поверхности и относительно небольших размеров самостоятельно наполняемых водой элементов орошаемой поверхности (чеки, тупые борозды, джояки и т. д.).

Первая группа поливов допускает наличие разнообразного и довольно значительного уклона, и для создания хороших условий увлажнения и уменьшения количества сбросной воды требует прогон воды по полю на сравнительно большие расстояния, так что для этой группы поливов длина орошаемых полос, поливных борозд и, следовательно, и размеры участков могут достигать больших размеров.

Возможность использования различных уклонов обеспечивает первой группе поливов сравнительно легкую приспособляемость к условиям рельефа.

Различным условиям рельефа соответствуют и разные группы способов полива, хотя первая, а также промежуточная, лучше удовлетворяют требованиям механизации.

Однако, в районах, где необходимо рекомендовать промывки осолоняющихся почв, как систематическое мероприятие, проводящееся на больших массивах в невегетационный период, а при занятии поля непропашными культурами также и в вегетационный период, поверхность для полива, при подходящих условиях рельефа, следует готовить, частично или полностью, горизонтальными площадками.

Невыполнение этого условия может делать промывку недоброкачественной и приводить к быстрому образованию солончаковых пятен.

Горизонтальными площадками должна также подготавливаться поверхность рисовых полей.

Таким образом, у нас будут территории, где поверхность должна подготавливаться горизонтальными площадками, и поэтому такой планировке нами также уделено внимание.

## 1. Планировка под полив напуском и по бороздам инфильтрацией

Полив по бороздам инфильтрацией относится к первой группе способов полива, основанных на увлажнении почвы медленно движущейся малой струей.

В период занятия поля непаханными культурами этот способ полива обычно заменяется другим.

Замена одного способа полива другим (при смене культур в севообороте) возможна только в том случае, если они предъявляют одинаковые требования к форме поверхности и размерам деланки и не требуют дополнительных планировочных работ.

Эти условия обеспечиваются при сходности механизма увлажнения почвы чередующихся способов полива.

Сходство в механизме увлажнения почвы можно найти прежде всего у поливов, которые относятся к одной и той же группе, по соотношению характера движения воды по поверхности и впитывания.

Для бороздчатого полива, рассчитанного на полив земель с более или менее выраженным уклоном (исключая случая полива по глубоким тупым бороздам), наилучшим спутником, чередующимся с ним в период занятия поля непаханными культурами, для хлопковых районов может служить полив напуском по полосам, идущим в том же направлении, что и борозды (или способ засеваемых борозд). Соотношение длины полосы и ее продольного профиля при одних и тех же условиях должно быть аналогично длине и профилю поливных борозд.

Однако, полив напуском предъявляет ряд требований к поперечному профилю деланки, имеющих меньшее значение при поливе по бороздам. Поэтому при определении формы поверхности деланки для обоих этих способов достаточно установить ее продольный профиль для бороздчатого полива и дополнительно разобрать требования к поперечному профилю при поливе напуском.

При поливе по бороздам нет надобности добиваться прямолинейности продольного профиля борозды. Линия профиля борозды может следовать основным изгибам местности в случае отсутствия обратных уклонов.

На плане продольная ось борозды по направлению полива в пределах одной поливной деланки должна пересекаться горизонталями только с все время убывающими отметками.

Не следует допускать пересечения борозды одной и той же горизонталью несколько раз или наличия замкну-

тых контуров горизонталей. Срезке и засыпке подлежат лишь отдельные неровности микрорельефа и участки с обратным уклоном. Таким образом, неправильная в профиле линия дна борозды, отражающая до планировки все особенности микрорельефа, должна быть заменена более плавной кривой, отображающей только характер основного рельефа.

Чем больше степень соответствия кривой естественной поверхности получает линия проектируемой поверхности, тем меньше объем планировочных работ и, наоборот, при большем ее спрямлении объем работ возрастает. С другой стороны, спрямление проектной поверхности имеет то положительное значение, что при этом достигается приближение весьма разнообразных частных уклонов к некоторому среднему уклону, что позволяет выбирать длину борозды любой величины. Наоборот, наличие резких отличий в величине уклона отдельных участков может жестко лимитировать длину борозды, т. к. допустимая предельная величина бороздного тока (а, следовательно, и длина борозды, которая может быть тем больше, чем больше бороздная струя) может определяться по участку наибольшего уклона из условий неразмываемости ложа борозды. При этом будет создаваться пестрота увлажнения вследствие разной скорости движения воды и размеров смоченного периметра по длине борозды, так как количество просачивающейся воды в почву в единицу времени можно принимать пропорциональным смоченному периметру при прочих равных условиях.

Вопрос о допустимой величине вариаций уклонов по длине борозды в пределах одной делянки имеет исключительно большое значение также и потому, что этим определяется объем планировочных работ.

Допустимые отклонения в величине уклона по длине борозды определяются допустимым пределом отклонений в величине впитывания на отдельных участках ее с разным уклоном при определенном значении  $Q$ , допустимом в голове борозды.

Принимая впитывание пропорциональным величине смоченного периметра  $\chi$ , а допустимые отклонения в величине впитывания, от среднего для всей борозды,  $\beta$  равным 10% (т. к. точность назначения поливной нормы не превышает 10%), можно приближенно решить поставленную задачу, подсчитав те отклонения в величине уклона, при которых величина смоченного периметра на отдельных участках варьирует в пределах:

$$\text{от } \left(1 - \frac{\beta}{100}\right) \chi_{\text{ср}} \text{ до } \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \chi_{\text{ср}} \dots \dots \dots (1)$$

$\chi_{\text{ср}}$  — величина смоченного периметра при среднем для всей борозды уклоне  $i_{\text{ср}}$ .

На основании данных наших опытов с бороздчатым поливом зависимость величины  $\chi$  от  $Q$  (бороздной ток) и уклона  $i$  для периода более или менее установившейся величины впитывания может быть с достаточной точностью определена по формуле:

$$\chi = K \left( \frac{Q}{\sqrt{i}} \right)^{\alpha} \dots \dots \dots (2)$$

где  $K$  и  $\alpha$  — коэффициенты, связанные с размером и формой поперечного сечения борозды.

$$Q \dots \dots \dots \text{м}^3/\text{с}.$$

Для борозд параболического сечения, получающихся при нарезке тракторным окучником, нами получено среднее значение из большего числа наблюдений  $\alpha = 0,23$ ,  $K = 0,74$ .

Так, например, при  $Q = 0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $i_{\text{ср}} = 0,001$ ;  $\chi_{\text{ср}}$  по приведенной формуле будет равно  $0,33 \text{ м}$ .

Допустимые отклонения в величине смоченного периметра при  $\beta = 10\%$  будут  $0,30 < \chi < 0,36$ , а допустимые отклонения в величине уклона определятся следующим образом:

$$i_{\text{max}} = \left[ \frac{0,74 (0,001)^{0,23}}{0,30} \right]^{8,7} = 0,002$$

$$i_{\text{min}} = \left[ \frac{0,74 (0,001)^{0,23}}{0,36} \right]^{8,7} = 0,0006$$

Пользуясь приведенными выше зависимостями, можно получить только приближенные решения, служащие для проверки необходимости производства планировочных работ при наличии предварительно намеченных на плане границ делянки (и следовательно, зная при этом  $i_{\text{ср}}$  и выбрав какое-нибудь  $Q$ ), т. к. влияние того или иного участка борозды с разным уклоном зависит также и от его расстояния от головы вследствие впитывания и уменьшения величины  $Q$ . Определение потерь в борозде потребовало бы наличия данных о проницаемости почвы.

Для определения  $i_{\text{max}}$  и  $i_{\text{min}}$  чрезвычайно важно уметь определить величину  $Q$ , допустимого по условиям размываемости.

На основании наших работ по изучению гидравлических элементов борозды и условий переноса грунта, слагающего ложе борозды, нами составлена таблица допустимых (предельных) уклонов бороздного тока в зависимости от уклона.

Опыты, послужившие основанием для составления таблицы, ставились на первых поливах хлопчатника в период проведения рыхления междурядий, который является лимитирующим при выборе величины бороздного тока.

Результаты опытов дают также основания предполагать, что для большинства мелкоземистых склонных к расплыванию под действием воды почв хлопкового пояса, рыхление поверхностного слоя (при обработке) создает более или менее близкие условия переноса грунта поливной водой (несравненно большее значение имеет здесь качество обработки и степень рыхления, а не особенности почвенных разностей), так что опыты, полученные нами в одних условиях, очевидно, могут быть распространены без большой ошибки на многие районы.

**Таблица**  
предельных размеров бороздного тока в зависимости от уклона

| Q л/с | i     | Q л/с | i      |
|-------|-------|-------|--------|
| 0,05  | 0,063 |       |        |
| 0,10  | 0,045 | 0,60  | 0,005  |
| 0,15  | 0,038 | 0,80  | 0,004  |
| 0,20  | 0,033 | 1,00  | 0,003  |
| 0,25  | 0,017 | 1,30  | 0,002  |
| 0,30  | 0,012 | 1,50  | 0,0018 |
| 0,40  | 0,008 | 1,80  | 0,0014 |
| 0,50  | 0,006 | 2,00  | 0,0012 |
|       |       | 2,50  | 0,0010 |
|       |       | 3,00  | 0,0008 |

Характер поперечного профиля делянки, как уже указывалось, ближе определяется требованиями, связанными с проведением полива напуском в период занятия поля непропашными культурами.

Лучшие условия увлажнения поперек полосы создаются при горизонтальности поперечного профиля полосы в

сечении на любом расстоянии от головной части, в то время как продольный ее профиль должен отвечать требованиям, предъявляемым продольному профилю борозды.

Такая форма поперечного профиля может быть достигнута либо соответствующей планировкой, либо таким уменьшением расстояния между валиками, ограничивающими полосы, чтобы разность отметок поверхности поперек полосы не превышала 0,05 м. Принимая наибольшую разность отметок по ширине полосы равной 0,05 м, можно определить предельный уклон в направлении, перпендикулярно полосам.

$$i = \frac{0,05}{b}$$

$b$  — ширина полосы.

Принимая размер ширины полосы равным 10 м, получим предельное значение для уклона поперек полос 0,005.

Обычно средние уклоны в направлении, поперечном поливу, редко превышают указанную цифру. Они могут встречаться лишь, как частные отклонения в величине уклона при перегибах рельефа, или там, где на очень крутых склонах направление полива выбирается не по наибольшему скату, а под некоторым углом к нему.

Для устранения в проекте избыточных поперечных уклонов, как частных случаев (т. е. отдельных крутых перегибов), необходимо добиваться на проектном плане, чтобы горизонтали с отметками через 0,05 м пересекались линиями, идущими нормально направлению полива, в любой части делянки, не чаще, чем расстояние, определяемое шириной полосы на плане.

Таким образом, полив напуском по полосам для рассмотренного случая, не изменяя основных требований к характеру поверхности на плане, вносит дополнительные условия, сводящиеся к необходимости недопущения значительной извилистости горизонталей.

Характер поверхности всей поливной карты определяется поверхностью отдельных делянок.

При поливе по сквозным бороздам и напуском наличие обратных уклонов внутри карты, как правило, допускать не следует. Все делянки должны иметь однообразное направление полива в пределах карты. Следовательно, поверхность карты в этом случае должна иметь односторонний скат, и на плане может быть выражена горизонталями различной сгущенности, идущими в порядке убывания, без образования сильных извилин и петель.

Участки однообразного уклона будут определять границы поливных делянок внутри карты.

При поливе по бороздам инфильтрацией без сброса отдельные поливные делянки могут иметь встречное направление полива.

В случае наличия поперек карты достаточно ясно выраженного водораздела, делянки располагаются по обе стороны от него, а ок-арык проводится по водоразделу.

Таким образом, проектная поверхность карты при поливе без сброса в плане должна быть представлена горизонталями различной сгущенности без сильных извилин и петель, идущих в порядке возрастания или убывания в границах делянки (начинаясь от какого-либо ок-арыка и до границы его командования).

## 2. Планировка под полив по глубоким тупым бороздам и затоплением

Идея полива по тупым бороздам в ее наиболее распространенном виде заключается в увлажнении почвы из глубоких борозд, наполненных водой более или менее равномерно по всей своей длине.

При этом предполагается, что основное увлажнение почвы происходит уже из наполненной борозды стоячей водой.

Такой способ полива должен быть отнесен, как и полив затоплением, ко второй группе и, следовательно, он предъявляет аналогичные требования к форме поверхности.

Для возможности получения равномерного увлажнения по всей длине борозды необходимо, чтобы разность отметок дна борозды по ее длине не создавала различий в количестве впитавшейся воды больше допустимых пределов.

При наличии некоторого уклона это может быть достигнуто ограничением длины борозды. Существовавшие по этому вопросу рекомендации предусматривали длину борозды в зависимости от уклона в пределах от 30 до 120 м. Данные по изучению этого способа в колхозах Мургабского бассейна (бригада Вниигим) показывают, что лучший уклон дна борозды находится в пределах от 0,0005 до 0,001, а длина борозды для этих уклонов, в зависимости от характера почвы, от 30 до 120 м.

Наши опыты в совхозе Баяут 1935 г. показали, что при рекомендуемом обычно быстром наполнении тупой борозды (струей 1—2 л/с.) достаточно равномерное увлажнение может быть получено лишь на самых малых уклонах (меньше 0,0004), даже при длине борозды до 100 м, и наилучшие результаты могут быть получены при полной горизонтальности профиля дна борозды.

В последнем случае может быть обеспечена также и наибольшая длина борозды.

Из этого следует, что полив по глубоким тупым бороздам путем быстрого наполнения их может легко чередоваться при занятии поля в севообороте непаханными культурами или при осенней промывке почвы, с поливом затоплением, который в этом случае в основном и будет определять требования к форме поверхности при планировке.

Хорошие надежные результаты полив затоплением дает только при условии выполнения двух требований:

1. Накопление на всей поверхности чека слоя воды равной величины.

2. Быстрое наполнение чека водой.

Выполнение первого требования безусловно обязательно как при промывке, так и во время вегетационных поливов. Непременным следствием несоблюдения этого требования является пестрый, сниженный урожай, быстро прогрессирующее засоление и большие потери оросительной воды.

Лучшей формой поверхности для накопления равномерного слоя воды внутри чека при поливе затоплением является горизонтальная плоскость и система горизонтальных плоскостей (чеков) внутри поливной карты.

Вопрос о допустимой разности отметок поверхности внутри чека может стоять только как вопрос о возможной точности проектировки и выполнения планировочных работ.

Второе требование (быстрое наполнение чека) приводит к необходимости ограничения размеров чека и до известных пределов увеличения струи, подаваемой на делянку.

Поскольку мы не намечаем коренных изменений в самой технике самотечного орошения, этот предел наступает довольно быстро и составляет 80—100 л/с.

Практически применяются струи в среднем 40—80 л/с. (Пахта-арал — 65 л/с., колхозы участка „Земля и труд“ — 60 л/с. и т. д.).

Размер поливной делянки является одним из основных факторов, определяющих величину поливной нормы и равномерность увлажнения — чем меньше площадь чека, тем меньше поливная норма при нормальной величине струи. Поэтому проектируемая поливная норма до некоторой степени определяет величину чека.

Существующая практика полива затоплением на неспланированных чеках показывает, что применение чеков площадью 0,2—0,3 га уже требует больших поливных норм около 1500 м<sup>3</sup> и больше.

Опыты Голодностепской оросительной станции на неспланированных участках также подтверждают это положение, как это видно из приводимой ниже таблицы.

| Уклон 0,002                   |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Размер делянки в га           | 0,05 | 0,10 | 0,30 | 0,50 | 1,00 | 2,00 |
| Поливная норма м <sup>3</sup> | 880  | 915  | 1515 | 2650 | 3250 | 3900 |

Приведенные данные, полученные на неспланированных чеках, служили обычно для рекомендации выбора их величины. Допуская величину поливной нормы 1000—1500 м<sup>3</sup>, соответственно указывались размеры чеков 0,1—0,3 га.

При наличии горизонтальной планировки такая величина поливной нормы будет, однако, обеспечена на чеках большей площади. Это предположение подтверждается наличием чеков размером до 1 га и больше на спланированных участках в колхозах, а также американскими данными, рекомендующими размер чека до 1 га, и опытом мелиоративной станции СоюзНихи в Золотой орде. Так как, однако, вегетационные поливные нормы на интенсивно осолоняющихся землях (где предполагается проведение полива затоплением и в вегетационный период хотя бы частично) должны иметь небольшую величину, такие размеры чека как 1 га следует считать предельными, стремясь сохранить их в среднем равными 0,3—0,5 га.

Поперечные земляные валики следует устраивать временными. Такие валики проходимы для тракторных агрегатов на культивации даже при малом угле, образуемом ими с линией движения трактора, что позволяет проводить их конформно горизонталям, обычно ломаными прямыми, уменьшая объем земляных работ. Временные валики устраиваются перед поливом и в проекте могут в расчет не приниматься.

При проектировке чеков на плане возможно в целях уменьшения работ значительное варьирование расстояния между валиками в зависимости от характера микрорельефа.

При этом необходимо соблюдать следующие условия:

1. Проектные отметки чеков должны лежать в пределах командования картового оросителя, не создавая необходимости чрезмерных запасов в дамбах на подпор.

2. Величина уступов по линии сопряжения чеков, пересекаемых тракторными агрегатами, не должна препятствовать свободному передвижению их в рабочем ходу.

Допускаемая разность отметок соседних чеков или высота уступов между ними зависит от заложения откосов сопрягаемых поверхностей, типа тракторов и его мощности, величины запаса тягового усилия на преодоление временных сопротивлений и т. д.

Принимая длину откоса уступа около двух метров, величину нормального запаса тягового усилия трактора на преодоление временных сопротивлений равной 10%, нами получена при подсчете для колесных тракторов высота уступа, преодолеваемая в рабочем ходу, около 0,15 м.

Увеличение высоты уступа может потребовать увеличения длины откоса, переключения скоростей или включения рабочей части агрегата.

Выводы по определению нормальной величины уступа требуют проверки путем постановки испытаний в натуре.

Таким образом, проектная поверхность карты для поливов второй группы (затопление и быстрое наполнение тупых борозд) в плане должна быть разбита (ломаными или кривыми, идущими соответственно горизонталям участка) на чеки с горизонтальной поверхностью, отметки которых могут в некоторых пределах отклоняться в различных направлениях.

## II. Методика проектирования планировочных работ

### § 1. Общие замечания

Предлагаемый метод проектирования отличается большой точностью, ограниченной лишь неизбежными искажениями поверхности земли при изображении ее горизонталями на плане. Может возникнуть сомнение, требует ли производство планировочных работ такой точности проектирования и соответствуют ли методы проектирования практически возможной детальности изображения поверхности.

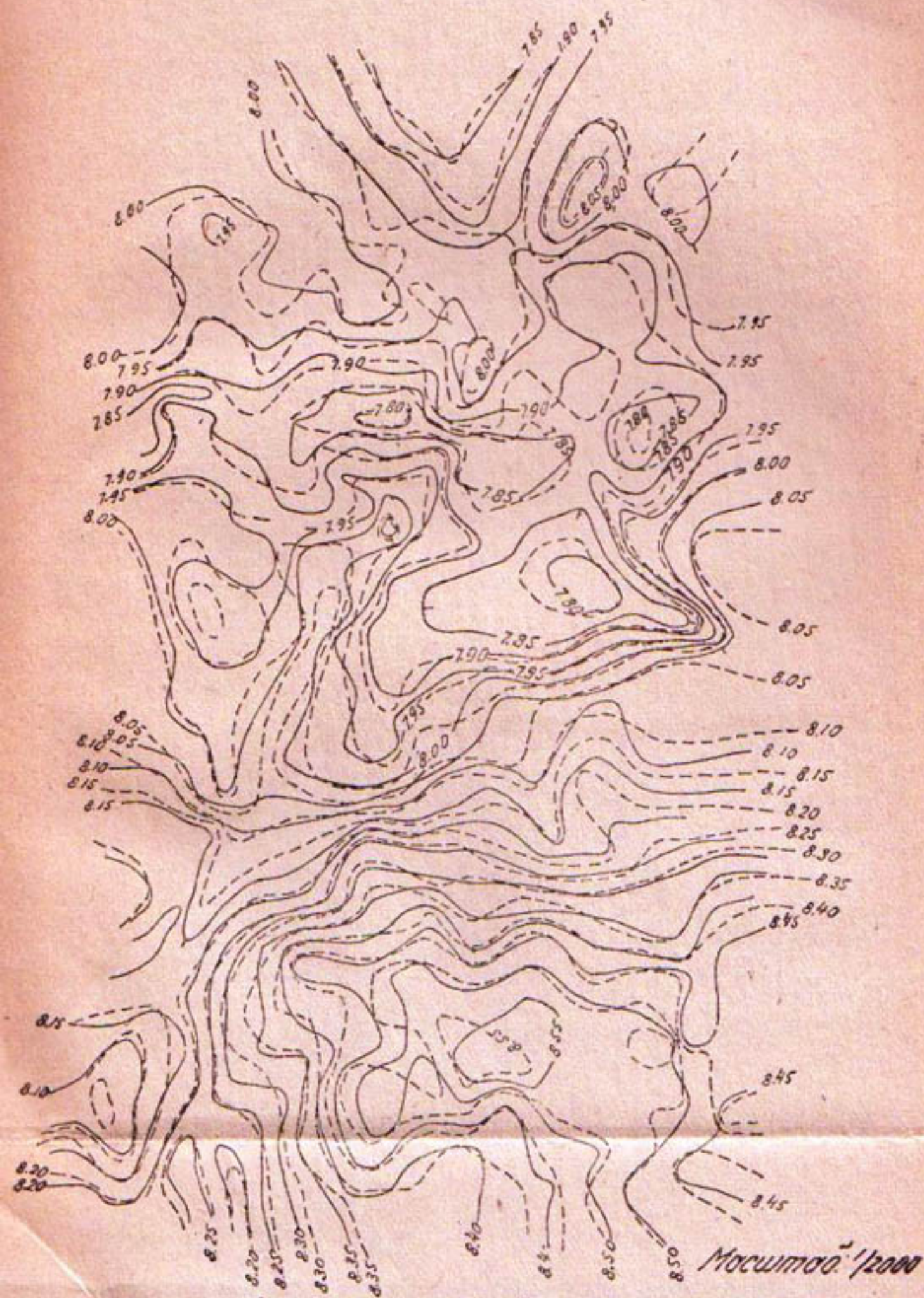
Наш опыт проектирования поверхности для бороздчатого полива показал, что площади со средней глубиной выемки или высотой насыпи менее 5 см занимают более половины всей планируемой поверхности. Следовательно, при производстве работ срезка тонких слоев будет иметь значительное место.

Проект должен дать точный подсчет объема срезаемых слоев и указать наиболее экономный порядок и способ перемещения этих объемов.

Такой проект можно дать только на основе плана с горизонталями не реже чем через 5 см. Иначе малые (по высоте) срезки и насыпи или не будут обнаружены или окажутся сильно искаженными.

Принято считать, что давать сечения поверхности чаще, чем через 10 см, нереально, так как случайность высотного положения нивелируемых точек делает положение горизонталей на плане неустойчивым и, следовательно, повторная съемка той же точности может дать поверхность, значительно отличающуюся в своих деталях от поверхности, полученной в результате первой съемки.

Для выяснения величины и характера ошибки от случайности отметки речной точки взят участок плана в го-



Горизонтали составленные по отметкам  
взятым с плана мензурной съемки  
Горизонтали составленные по  
измененным отметкам.

ризонталях одной из карт совхоза Баяут. Все отметки точек изменены на величину до  $\pm 3$  см.

При изменении отметок преследовалась случайность значения ошибок, однако, с тем, чтобы процентное соотношение ошибок различной величины было следующим:

|        |         |         |        |
|--------|---------|---------|--------|
| Ошибки | $+3$ см | $-3$ см | по 10% |
| "      | $+2$ см | $-2$ см | по 15% |
| "      | $+1$ см | $-1$ см | по 20% |
|        | 0       |         | 10%    |

Горизонтали по принятым отметкам и по измененным вычерчены на одном листе (см. чер. 1.). Сравнение двух наложенных друг на друга поверхностей показывает достаточную устойчивость горизонталей при заданной нами точности отметок речных точек.

Действительную величину ошибки отметок можно определить только опытным путем. Нет оснований предполагать, что она окажется больше принятой в нашем примере, если при съемке будут соблюдены все технические правила.

Очевидно, точность отметок находится в сильной зависимости от состояния поверхности. Поверхность культурных поливных земель резко меняется в течение года.

Представляется наиболее целесообразным производить съемку по выравненной боронованием поверхности, приняв при этом меры к уменьшению ошибки от трудности установки рейки на разрыхленной поверхности. Недостаток этого периода в его непродолжительности. Кроме того, при контрольной съемке после планировки может оказаться необходимым учет изменения поверхности в результате уплотнения разрыхленного слоя.

При бороздчатом способе полива выбор благоприятного периода для съемки наиболее труден. При мелких бороздах таким периодом является осень, после уборки урожая, когда волнистость поверхности, вызванная нарезкой борозд, почти исчезает. При глубоких бороздах (например, люцерновый посев) волнистость поверхности устраняется только пахотой и боронованием. В этом случае благоприятным периодом можно считать время после осенней зяблевой вспашки и боронования. Съемка по дну борозд или по верху гребней имеет тот недостаток, что дает поверхность, смещенную от действительной, на какую то неопределенную величину. Контрольная съемка после планировки производится по выравненной поверхности, сравнение ее с первой съемкой будет затруднено.

Эти вопросы должны быть исследованы одновременно с изучением методов производства планировочных работ.

Сейчас можно рекомендовать производство комбинированной мензульной съемки с нивелиром в масштабе 1/2000 с основными горизонталями через 10 см и дополнительными через 5 см на участках с малыми уклонами, где расстояние между основными горизонталями на плане превышает 2—3 см.

При съемке в период вегетации поля, поливаемого по бороздам, рейку устанавливать в рядках возможно ближе к растению.

Совершенно недопустимо высылать рейку от нивелира дальше рекомендуемых нормами расстояний, как это часто практикуется изыскателями.

Обязательна запись времени производства съемки с подробной характеристикой состояния поверхности и указанием системы расположения речных точек.

При съемке эксплуатируемых земель желательно после окончания работы провести дешифровку одного или двух поливов для корректировки и уточнения съемки, вычерчивая на плане участки карты, получившие при поливе излишнее или недостаточное количество воды.

По нашим подсчетам, стоимость проектирования по предлагаемому способу, включая изыскательские работы, должна находиться в пределах от 15 до 30 руб. на 1 га. Стоимость велика, но с ней придется мириться в первых проектах планировки, ибо удорожание производства работ в результате беспроектного строительства значительно превысит расходы на детальное проектирование.

Указанную выше стоимость нет основания считать минимальной. В процессе массовой проектировки выяснятся пути удешевления стоимости детального проектирования, рационализация отдельных процессов которого, при большем объеме проектных работ, вполне возможна.

## § 2. Условия проектирования

Для определенности проектирования должны быть заданы нормативы, обуславливающие правильный выбор проектной поверхности. Резюмируя выводы первой главы по этому вопросу, определяем условия проектирования в том схематическом виде, в каком позволяет это сделать имеющийся небольшой опыт планировочных работ.

Общие условия:

1. Удельный объем земляных работ должен быть меньше предварительно заданного. Таким пределом в случае

планировки для полива затоплением можно считать 400—500 м<sup>3</sup>/га, а для планировки под бороздчатый полив — 200—250 м<sup>3</sup>/га.

2. Дальность возки грунта должна соответствовать типу скреперов, предположенных к использованию на планировочных работах. Пределом дальности возки для конных скреперов принимают 50 м, для тракторных ползунковых — 100 м, для тракторных колесных — 250 м.

3. Глубина срезки не должна угрожать плодородию.

Условия для случая планировки хлопковых полей, поливаемых затоплением:

1. Проектные поливные делянки принимаются в расчете строго горизонтальными.

2. Наибольшая величина делянки 0,5 га.

3. Продольные валики проектируются постоянными. Они должны быть параллельны гону, но могут не лежать на одной прямой.

4. Поперечные валики делаются временными.

5. Величина уступов, сопрягающих делянки, желательна не более 0,15 м. В отдельных случаях возможно на небольшой части площади увеличивать уступы до 0,25 м.

6. Поперечные валики могут быть криволинейны.

Условия для случая планировки под бороздчатый полив:

А. Полив по тупым бороздам. В том случае, когда требуются промывные поливы или люцерну по условиям рельефа нельзя поливать напуском, проектная поверхность состоит из горизонтальных площадок и к условиям, определившим поверхность для полива затоплением, являющегося в данном случае спутником полива хлопка по тупым бороздам, добавляется пожелание довести размеры поливных делянок в направлении нарезки борозд до 100—120 м, увеличивая размеры делянок до верхнего предела.

Проектная поверхность примет иной вид, если промывные поливы не нужны и люцерну можно поливать напуском, располагая полосы перпендикулярно направлению борозд. В этом случае возможна поверхность, которую мы назовем здесь поверхностью одной кривизны. Горизонтали, изображающие ее на плане, прямые линии, параллельные направлению борозд. Расстояния между ними различны и определяются нормами предельных уклонов при поливе напуском.

Б. Полив по бороздам инфильтрацией.

1. Поверхность карты делится на поливные делянки, размеры которых определяются желаемой длиной борозд и рельефом.

2. В направлении, поперечном бороздам, уклон не должен быть больше 0,005 из условия полива люцерны.

3. В направлении, параллельном бороздам, поверхность не должна иметь обратных уклонов. Это основное требование. Подробнее о выборе продольного профиля борозды см. стр. 8 и 9.

4. В случае полива по бороздам без сброса, применяемого на малых уклонах, требуется большая тщательность планировки в продольном направлении, чем при бороздах со сбросом, где достаточно устранить только обратные уклоны.

5. Встречное направление полива (обратные уклоны поверхности смежных делянок) для борозд без сброса допустимо. При поливе же по бороздам со сбросом карта должна иметь одинаковое направление продольного уклона на всех делянках.

6. Для тупых борозд недопустимо нарастание величины продольного уклона к концу борозды.

### § 3. Проектирование планировочных работ для полива затоплением

Описание способа делается для случая планировки земель хлопково-люцерновых севооборотов. Для других культур (например, для риса) меняются только требования, определяющие взаимное плановое и высотное расположение отдельных делянок. Подсчет объема работ и составление маршрутов производится тем же способом. Остаются в силе и соображения о благоприятной поверхности делянки.

Форма проектной поверхности (делянки, имеющие горизонтальную поверхность и связанные друг с другом уступами) позволяет при рассмотрении условий, определяющих наименьший объем земляных работ и наименьшую дальность возки, ограничиться одной делянкой.

Требуется определить, как изменяется объем работ в зависимости от формы существующей поверхности делянки и положения проектной плоскости.

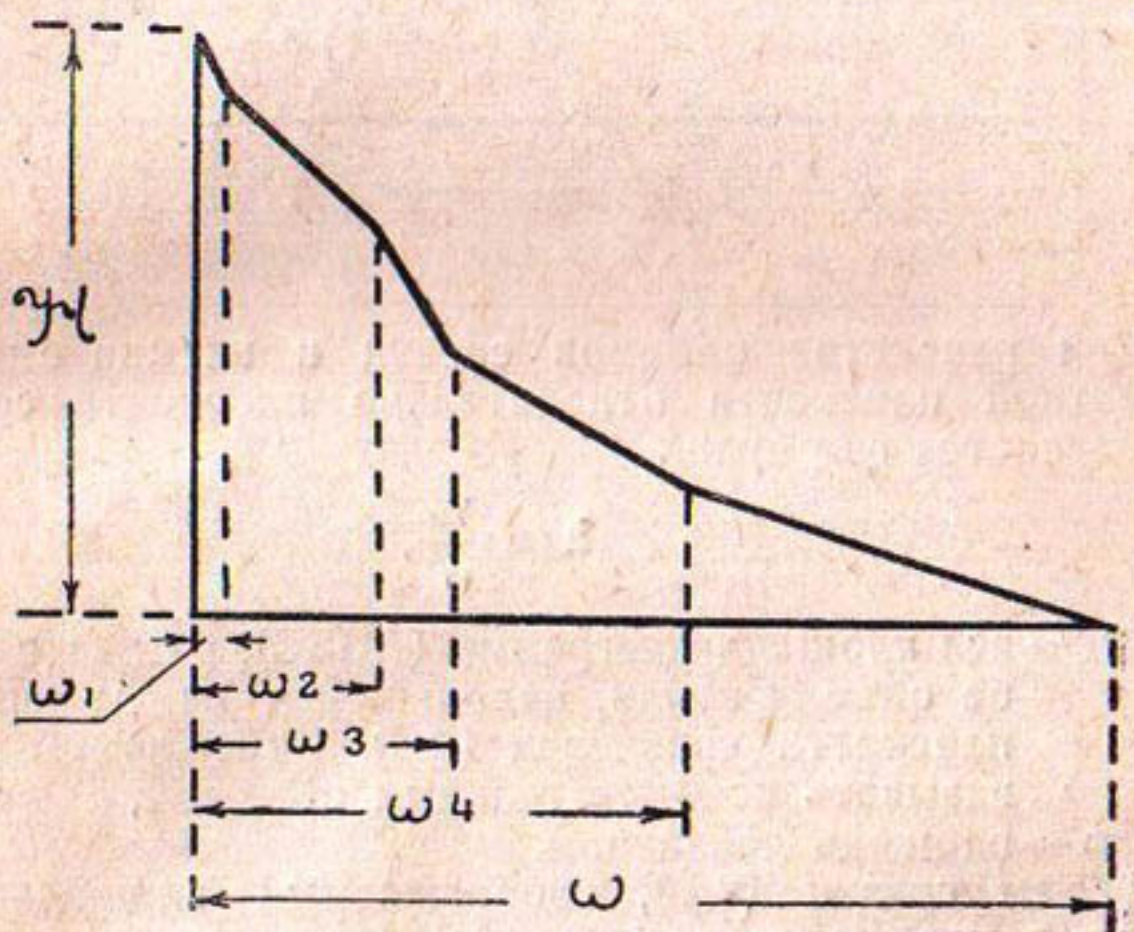
Для этого удобно заменить действительную поверхность ее диаграммой. Для вычерчивания диаграммы делянка разбивается на ряд элементарных площадок, площадь и средние отметки которых определяются. Чем меньше элементарные площадки и чем меньше разность отметок их поверхности, тем точнее будет вычерчена диаграмма.

По оси абсцисс откладываются площади элементарных площадок, по оси ординат — высоты их относительно какой

то плоскости сравнения, причем суммирование производится в порядке убывания средних отметок поверхности.

В случае односкатной поверхности с плавными горизонталями диаграмма поверхности достаточно точно может быть построена измерением площадей, очерченных внутри делянки горизонталями.

Черт. № 2



Поясним построение эскизом, где  $\omega_1$  — площадь, ограниченная наиболее высокой горизонталью;

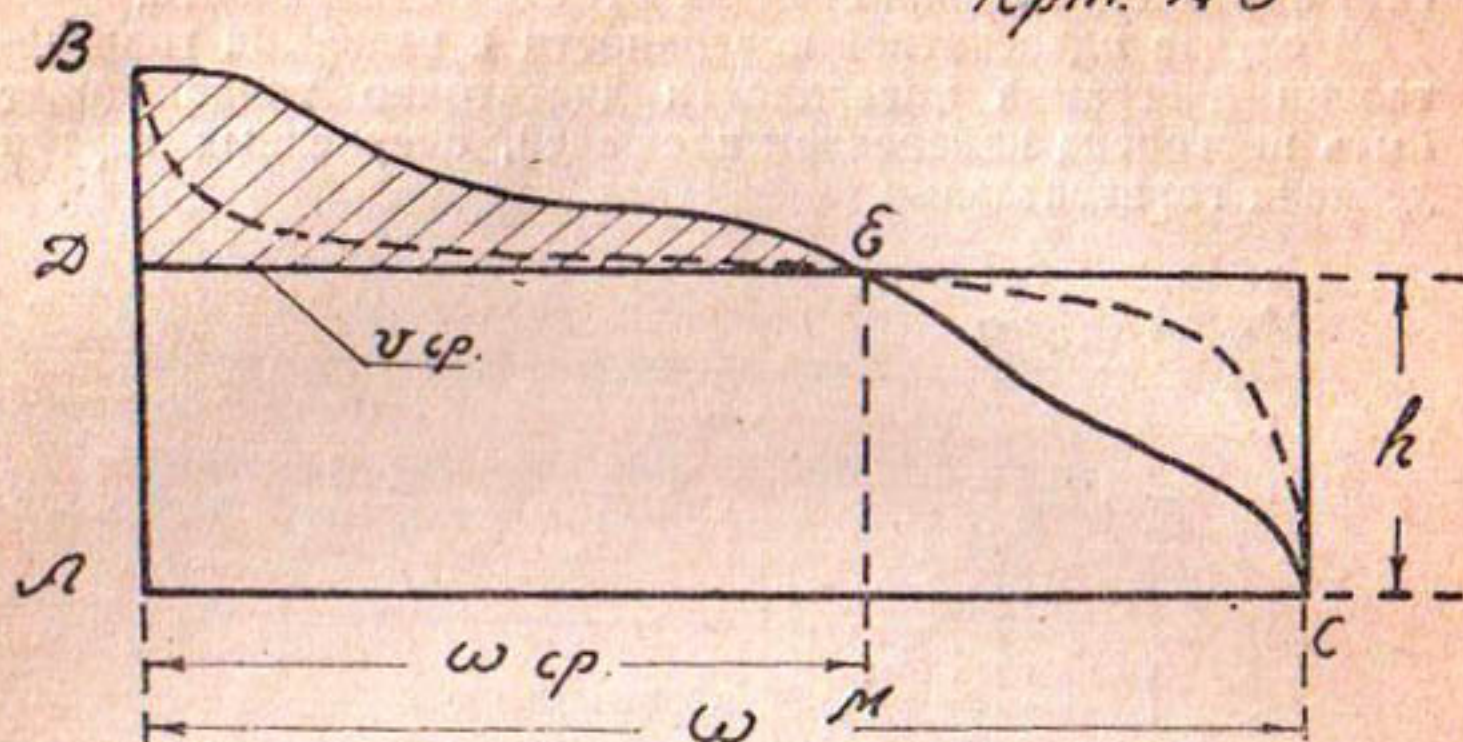
$\omega_2, \omega_3$  и т. д. — площади, ограниченные ниже расположенными горизонталями;

$\omega$  — площадь всей делянки;

$H$  — разность отметок наивысшей и наинизшей точек поверхности делянки.

Площадь диаграммы при сечении ее линией, изображающей проектную плоскость, дает нам объемы земляных работ.

На черт. 3 изображена диаграмма поверхности в общем виде, когда элементарные площадки настолько малы, что диаграмма от ступенчатой переходит в криволинейную.



При равенстве объемов срезки и насыпи высота ( $h$ ) проектной плоскости относительно плоскости сравнения определяется формулой

$$h = \frac{v_0}{\omega},$$

где  $v_0$  — вся площадь диаграммы (ABEC), равная в масштабе объему земли, находящейся на делянке выше плоскости сравнения (AC). Этот объем принято называть вспомогательным объемом,

$\omega$  — площадь делянки.

Объем срезки ( $v_{cp.}$ ), изображаемый площадью BED, равен, в масштабе, площади ABEM за вычетом площади АДЕМ.

Объем, изображаемый площадью ABEM, есть часть вспомогательного объема, составленная поверхностью, находящейся выше проектной плоскости, или вспомогательный объем срезки ( $v'$ ), тогда

$$v_{cp.} = v' - \omega_{cp.} h,$$

где  $\omega_{cp.}$  — площадь, занятая выемкой.

Заменяя  $h$  его значением, получим

$$v_{cp.} = v' - \frac{\omega_{cp.}}{\omega} v_0.$$

Обозначим отношение площади срезки ко всей площади через  $n$ .

Формула объема для случая равенства объема срезки и насыпи (баланс внутри делянки) примет вид:

$$V_{\text{ср.}} = V_{\text{н}} = V' - n V_0$$

На основании изложенного делаем выводы:

1. Диаграмма поверхности не зависит от планового расположения элементарных площадок.

Следовательно и объем работ не зависит от рисунка горизонталей, изображающих поверхность делянки.

2. Объем земляных работ зависит от трех величин:  $v_0$ ;  $v'$  и  $n$ . Если менять каждый раз только одну из этих величин, то объем тем меньше, чем меньше  $v'$  и чем больше  $n$  и  $v_0$ .

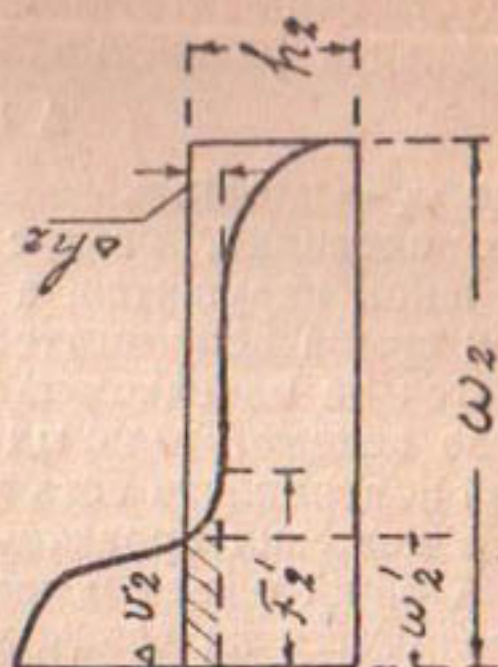
Все три условия удовлетворяются формой диаграммы, изображенной на черт. 3 пунктиром.

Для получения поверхности, дающей наименьший объем работ, нужно при разбивке границ делянок следить, чтобы убывание процентного содержания площадей, имеющих отметку больше или меньше средней отметки делянки, шло в геометрической прогрессии.

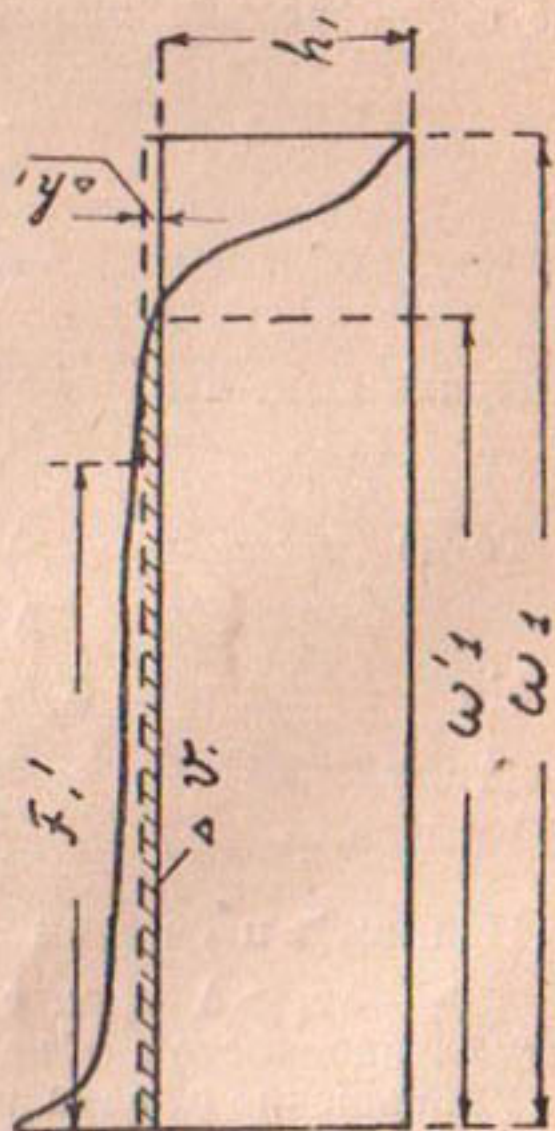
Для определения наивыгоднейшего положения проектной плоскости сравним две делянки, диаграммы которых вычерчены на черт. 4.

Проектные отметки в каждой делянке получены из условия баланса земляных работ. Если мы в одной делянке

Черт. №4  
Дел. №2



Дел. №1



опустим проектную плоскость, а в другой поднимем ее, соблюдая равенство

$$\Delta h_1 \omega_1 = \Delta h_2 \omega_2 = v,$$

где  $\omega_1$  — площадь делянки № 1;  $\omega_2$  — площадь делянки № 2, то, очевидно, баланс земляных работ внутри отдельных делянок нарушится, а для всей площади сохранится, так как сумма вспомогательных объемов увеличится и уменьшится на одинаковую величину, т. е. не изменится. Равенство вспомогательных объемов действительной и проектной поверхности есть условие баланса земляных работ. При перемещении проектных поверхностей мы его не нарушили.

Общий объем выемки уменьшится на величину  $\Delta v_1$  и увеличится на величину  $\Delta v_2$

$$\Delta v_1 = \omega'_{\text{ср.}} \Delta h_1 \quad \Delta v_2 = \omega''_{\text{ср.}} \Delta h_2,$$

где  $\omega'_{\text{ср.}}$  — средняя площадь срезки в делянке № 1, равная

$$\frac{\omega'_1 + F'_1}{2}$$

$$\omega''_{\text{ср.}} = \frac{\omega'_2 + F'_2}{2}$$

Принимаем, что

$$\omega'_{\text{ср.}} = n'_{\text{ср.}} \omega_1$$

$$\omega''_{\text{ср.}} = n''_{\text{ср.}} \omega_2$$

Тогда

$$\Delta v_1 = n'_{\text{ср.}} \omega_1 \Delta h_1$$

$$\Delta v_2 = n''_{\text{ср.}} \omega_2 \Delta h_2.$$

Но

$$\Delta h_1 \omega_1 = \Delta h_2 \omega_2 = v$$

поэтому

$$\Delta v_1 = n'_{\text{ср.}} v$$

$$\Delta v_2 = n''_{\text{ср.}} v.$$

При  $n'_{\text{ср.}} > n''_{\text{ср.}}$  имеем

$\Delta v_1 > \Delta v_2$ , т. е. при принятом перемещении проектных плоскостей объем уменьшится.

Уменьшение объема работ будет только при условии  $n_1 \neq n_2$  причем повышать проектную плоскость нужно в той

делянке, в которой  $n = \frac{\omega_{\text{ср.}}}{\omega}$  имеет большее значение.

Здесь  $\omega_{\text{ср.}}$  — площадь срезки,  
 $\omega$  — площадь всей делянки.

## Вывод:

Наименьший объем земляных работ внутри группы делянок, объединенных равенством

$$\Sigma v_{\text{ср}} = \Sigma v_{\text{н}}$$

получим, добившись (перемещением проектных плоскостей) равенства значения  $n$  во всех делянках.

При разбивке границ делянок нужно следить, чтобы удельный объем работ превышал заданный предел только в исключительных случаях. Для этого можно воспользоваться приближенной формулой объема:

$$v = 10 H,$$

где  $v$  — удельный объем в  $\text{м}^3/\text{га}$ ,

$H$  — наибольшая разность отметок поверхности делянки в сантиметрах.

Предлагаемая формула выведена нами по достаточно большому числу частных случаев подсчета объема работ и дает величину, близкую к средней на поливной карте.

Предварительная разбивка границ делянок прежде всего должна удовлетворить требованиям техники полива и механизации. После этого корректировкой границ нужно уменьшить величину  $H$  каждой делянки и добиться благоприятного соотношения площадей с различными средними отметками внутри делянок, используя выводы о поверхности наименьшего объема работ. Не следует стремиться придать делянкам очертание правильных геометрических фигур. При сложном микрорельефе с большими местными уклонами криволинейность и уступчатость валиков в плане значительно уменьшает объем земляных работ.

Когда разбивка границ закончена, назначаются проектные отметки делянок.

Обычно эту операцию совмещают с подсчетом объема земляных работ, используя формулы

$$h = \frac{V_0}{\omega} \text{ и } v_{\text{ср.}} = v' - n v_0,$$

т. е. считая обязательным баланс земляных работ внутри каждой делянки.

Мы показали, что наименьший объем земляных работ будет при  $n$ , имеющем одинаковую величину на всех делянках. В этом наиболее благоприятном случае величина  $n$ , очевидно, будет близка к 0,50, т. е. будем иметь равен-

ство площадей выемки и насыпи. Исходя из этого, и следует назначать проектную отметку.

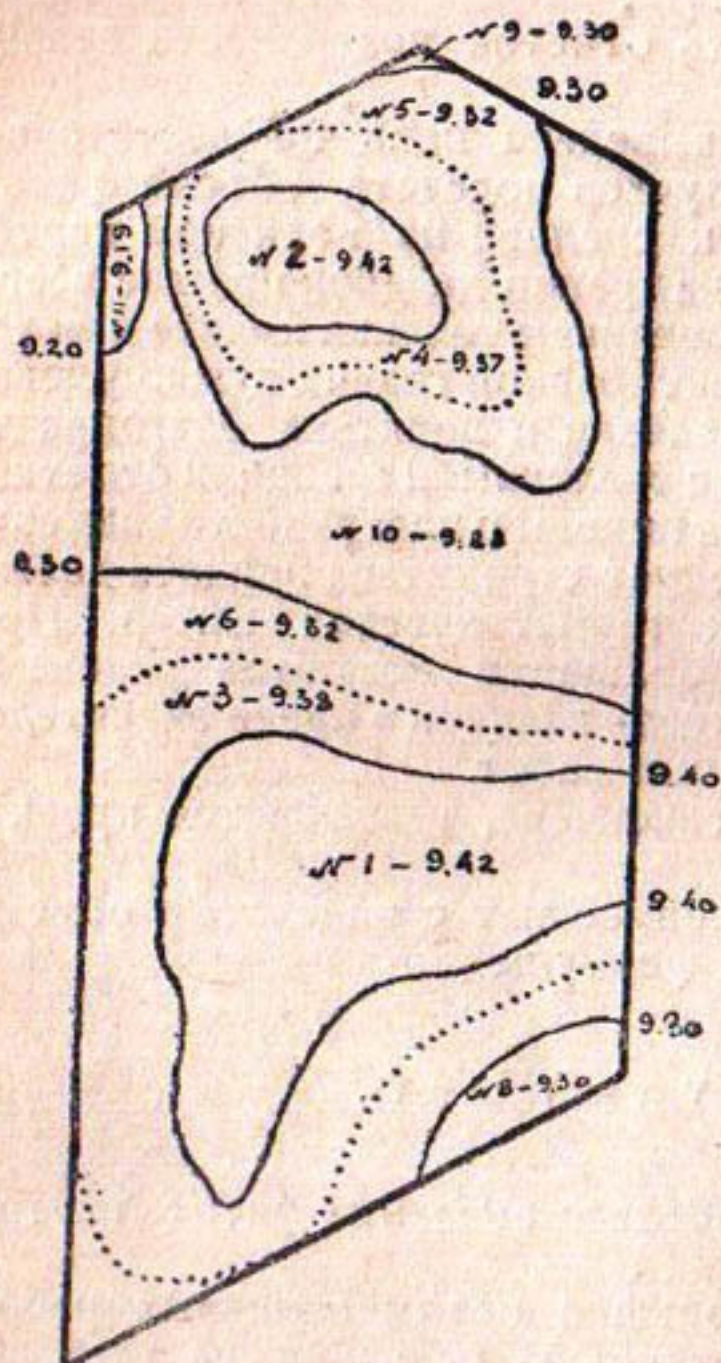
Горизонталь, имеющая проектную отметку, должна делить делянку пополам.

Нет нужды добиваться математически точного равенства площадей выемки и насыпи.

Проектная отметка назначается с точностью до 0,01 м. На делянке вычерчивается горизонталь с этой отметкой и выписываются средние отметки контуров, ограниченных горизонталями и границами делянки.

Способы подсчета объема земляных работ покажем на примере проектирования (см. черт. 5).

Для примера взят голодностепский рельеф (участок колхоза „Земля и труд“).



Черт. 6. Делянка № 8 карты № 1

Картовые оросители запроектированы двухстороннего командования, что позволяет назначить среднюю ширину карты 100 м.

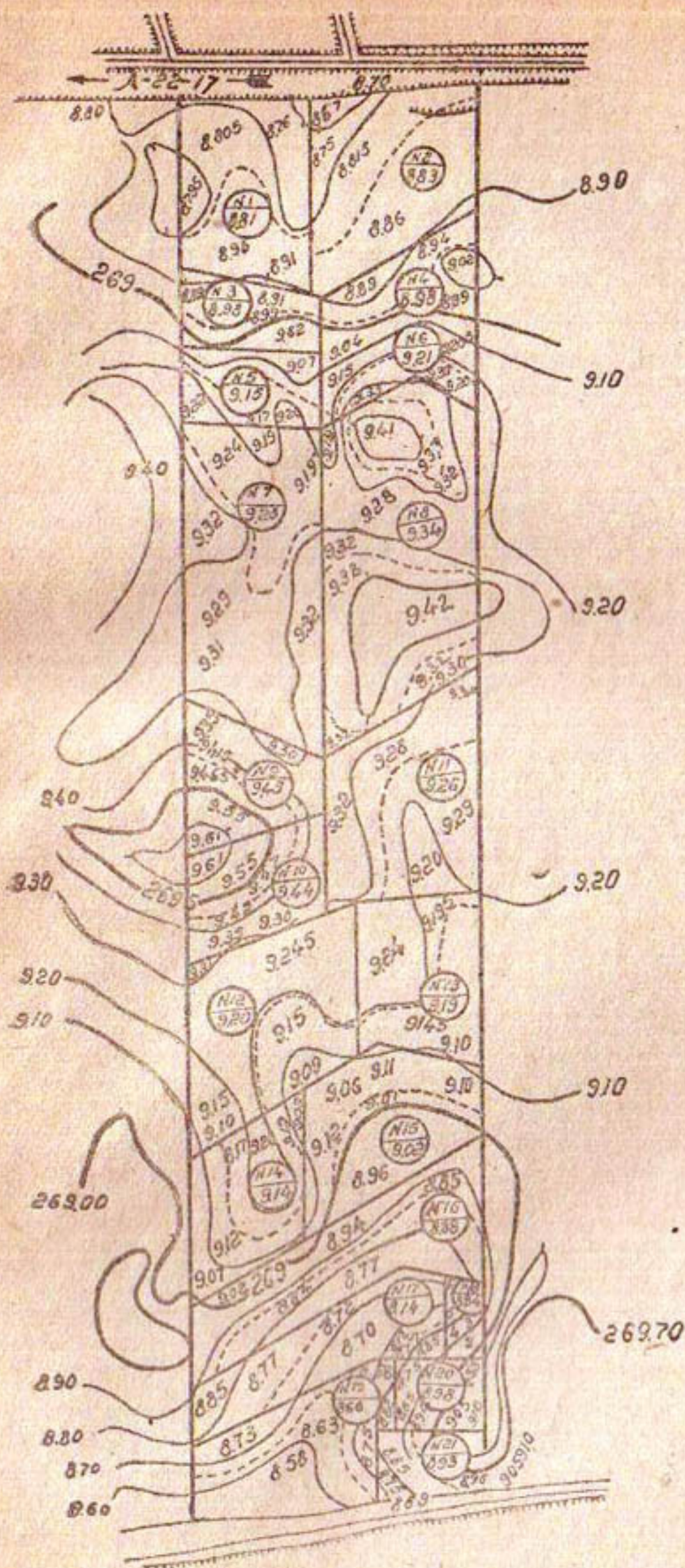
Наименьшее расстояние между поперечными валиками принято 20 м.

Поперечные валики составляют со сторонами карты угол не менее 60°.

В примере принят вариант прямолинейных валиков.

Предварительно задано иметь объем не более 250 м³/га. Поэтому наибольшая разность отметок поверхности делянок превышает 25 см только в исключительных случаях (например, делянки № 9 и № 10), где желательно понизить проектную поверхность из условия командования картового оросителя.

Для примера приведем подсчет объема работ на делянке № 8 (см. черт. 8).



Таблица

подсчета объема работ по предварительно заданной отметке

| №№ дел | №№ кон-<br>тупов | H <sub>ср</sub> | H <sub>пр</sub> | h    |      | Δ ω  | $\Delta_{\Delta_{cp}}^{\Delta_{cp}} = \Delta_{\Delta_{cp}}^{\Delta_{cp}}$ | $\Delta_{\Delta_{cp}}^{\Delta_{cp}} = \Delta_{\Delta_{cp}}^{\Delta_{cp}}$ | $\frac{\omega_{cp}}{n}$ | V <sub>ср</sub> - V <sub>н</sub> | H <sub>пр</sub> | $\frac{\omega_{cp}}{n_1}$ | r    | Δ h   | Δ V <sub>ср</sub> | ω - f | Δ V <sub>н</sub> | V <sub>ср</sub> | V <sub>н</sub> | V <sub>ср</sub> - V <sub>н</sub> | $\frac{V}{\omega}$ |
|--------|------------------|-----------------|-----------------|------|------|------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|------|-------|-------------------|-------|------------------|-----------------|----------------|----------------------------------|--------------------|
| 1      | 2                | 3               | 4               | 5    | 6    | 7    | 8                                                                         | 9                                                                         | 10                      | 11                               | 12              | 13                        | 14   | 15    | 16                | 17    | 18               | 19              | 20             | 21                               | 22                 |
| 8      | 1                | 9,42            | 9,34            | 0,08 | 0,02 | 1200 | 96                                                                        | 10                                                                        | 3250                    | 56                               | 9,35            | 2750                      | 3000 | +0,01 | +30               | 2970  | +30              | 150             | 154            | - 4                              | 255                |
|        | 2                | 9,41            |                 | 0,07 |      | 240  | 17                                                                        |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 3                | 9,38            |                 | 0,04 |      | 1330 | 53                                                                        |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 4                | 9,37            |                 | 0,03 |      | 480  | 14                                                                        |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 5                | 9,32            | 9,34            | 0,02 | 0,04 | 500  | 180                                                                       | 12                                                                        | 0,55                    | 56                               | 9,35            | 2750                      | 3000 | +0,01 | +30               | 2970  | +30              | 150             | 154            | - 4                              | 255                |
|        | 6                | 9,32            |                 |      |      | 370  |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 7                | 9,32            |                 |      |      | 240  |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 8                | 9,30            |                 |      |      | 120  |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 9                | 9,30            |                 |      |      | 10   |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 10               | 9,28            |                 |      |      | 1400 |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        | 11               | 9,19            |                 |      |      | 80   |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        |                  |                 |                 |      | 5970 |      |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        |                  |                 |                 |      |      |      |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |
|        |                  |                 |                 |      |      |      |                                                                           |                                                                           |                         |                                  |                 |                           |      |       |                   |       |                  |                 |                |                                  |                    |

Пояснения к таблице.

В графе 3 выписываются средние отметки контуров, определенные проектировщиком на-глаз и выписанные им на плане в горизонталях. Контура записываются в порядке убывания отметок.

В графе 4 записывается проектная отметка делянки, вычитая которую из величины  $H_{\text{ср}}$ , получим глубины срезки (графа 5) и насыпи (графа 6).

Площади контуров (графа 7) измеряются планиметром.

В графе 10 вычисляется площадь срезки ( $\omega_{\text{ср}}$ ) и отношение.

$$n = \frac{\omega_{\text{ср}}}{\Sigma \Delta \omega}$$

$$V_{\text{ср}} - V_{\text{н}} = \Sigma \Delta v_{\text{ср}} - \Sigma \Delta v_{\text{н}} \text{ (графа 11).}$$

Если для получения баланса земляных работ в группе делянок требуется изменить проектную отметку, то делается пересчет или по той же форме, для чего после графы 11 повторяются графы 5, 6, 8 и 9, или по форме, составляющей продолжение таблицы (графы 12 до 22).

В графе 12 записывается новая проектная отметка. В графе 13 — новые значения  $\omega_{\text{ср}}$  и  $n$ . При пересчете считалось, что площадка с отметкой 9,37 при смещении проектной горизонтали уменьшится на 150 м<sup>2</sup>, а площадка с отметкой 9,38 на 350 м<sup>2</sup>.

$$f = \frac{\omega_{\text{ср}} + \omega'_{\text{ср}}}{2} \text{ (графа 14)}$$

$\Delta h = H'_{\text{пр}} - H_{\text{пр}}$  (графа 15)  $\Delta h$  имеет положительное значение при изменении проектной поверхности в сторону повышения

$$\Delta v_{\text{ср}} = f \Delta h \text{ (графа 16) } \Delta v_{\text{ср}} \text{ имеет знак } \Delta h$$

$$\Delta v_{\text{н}} = (\omega - f) \Delta h \text{ (графа 18)}$$

$$\Delta v_{\text{н}} \text{ имеет знак } \Delta h$$

$$V'_{\text{ср}} = V_{\text{ср}} - \Delta v_{\text{ср}} \text{ (графа 19)}$$

$$V_{\text{н}}' = V_{\text{н}} - \Delta v_{\text{н}} \text{ (графа 20)}$$

В графе 22 подсчитывается удельный объем земляных работ в м<sup>3</sup>/га.

Последний способ выгоден только при большом количестве контуров внутри делянки.

Для суждения о точности способа подсчета делянка № 8 была вычерчена в масштабе 1/1000 с горизонталями через 1 см (полученными интерполяцией).

Таблица сравнения результатов подсчета объемов на делянке № 8  
при  $H_{пр} = 9,35$

| Элементы подсчета                                      | Способы | Горизонта-<br>ли через<br>1 см | Горизонталы через 10 см |       |               |
|--------------------------------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------------|-------|---------------|
|                                                        |         |                                | абсол<br>велич.         | %     | ошибка<br>в % |
| Вспомогат. объем относит. отмет-<br>ки 9. 18 . . . . . |         | 995                            | 1010                    | 101,6 | + 1,6         |
| Объем срезки . . . . .                                 |         | 136                            | 150                     | 110,3 | +10,3         |
| Объем насыпи . . . . .                                 |         | 155                            | 154                     | 99,3  | — 0,7         |
| Средний объем . . . . .                                |         | 146                            | 152                     | 104   | + 4,0         |

#### § 4. Проектирование планировочных работ для бороздчатого полива

Предлагается метод, принципиальное описание которого дано в книге Сокова В. С. „Методы графических изображений“ изд. 1932 г.

Этот способ рекомендовался в курсе земляных работ профессоров Дубелира и Толстопятова (стр. 51 т. 1, часть 1-я, изд. 1933 г.) для проектирования планировки заводских площадок, аэродромов и пр.

Нами этот метод разработан применительно к условиям планировки орошаемых площадей.

Порядок проектирования следующий:

1. Проектирование поверхности;
2. Вычерчивание изолиний;
3. Разбивка на участки скреперной возки и первый подсчет земляных работ;
4. Корректировка поверхности;
5. Исправление изолиний и второй подсчет земляных работ;
6. Составление маршрутов возки грунта.

Проектирование поверхности ведется в пределах поливной карты.

В соответствии с требованиями техники полива и механизации обработки карта разбивается на поливные делянки, поверхность которых может проектироваться самостоятельно и сопрягаться уступами.

Проектная поверхность изображается горизонталями с той же частотой сечений, что и существующая.

При вычерчивании проектных горизонталей стремятся:

1. Получить поверхность наилучшего вида;
2. Снизить объем земляных работ до минимума;
3. Получить наименьшую дальность возки.

Для этого проектные горизонтالي проводятся возможно ближе к одноименным существующим, но с тем, чтобы продольные и поперечные уклоны поверхности не выходили из заданных пределов и, кроме того, чередование выемки и насыпи было бы наиболее частым.

Пример проектирования дан на черт. 7.

После вычерчивания всех проектных горизонталей (в карандаше) приступают к вычерчиванию изолиний.

Если мы станем перемещать проектную поверхность вверх и вниз от основного положения на равные интервалы, то все выемки и насыпи окажутся рассеченными на слои равной толщины. Границы этих слоев определяются линиями пересечения существующей поверхности с проектной в различных положениях последней.

Проекция этих линий на горизонтальную плоскость мы и называем изолиниями. Все точки, лежащие на какой-либо изолинии, имеют одинаковые рабочие отметки, т. е. это линии равных работ.

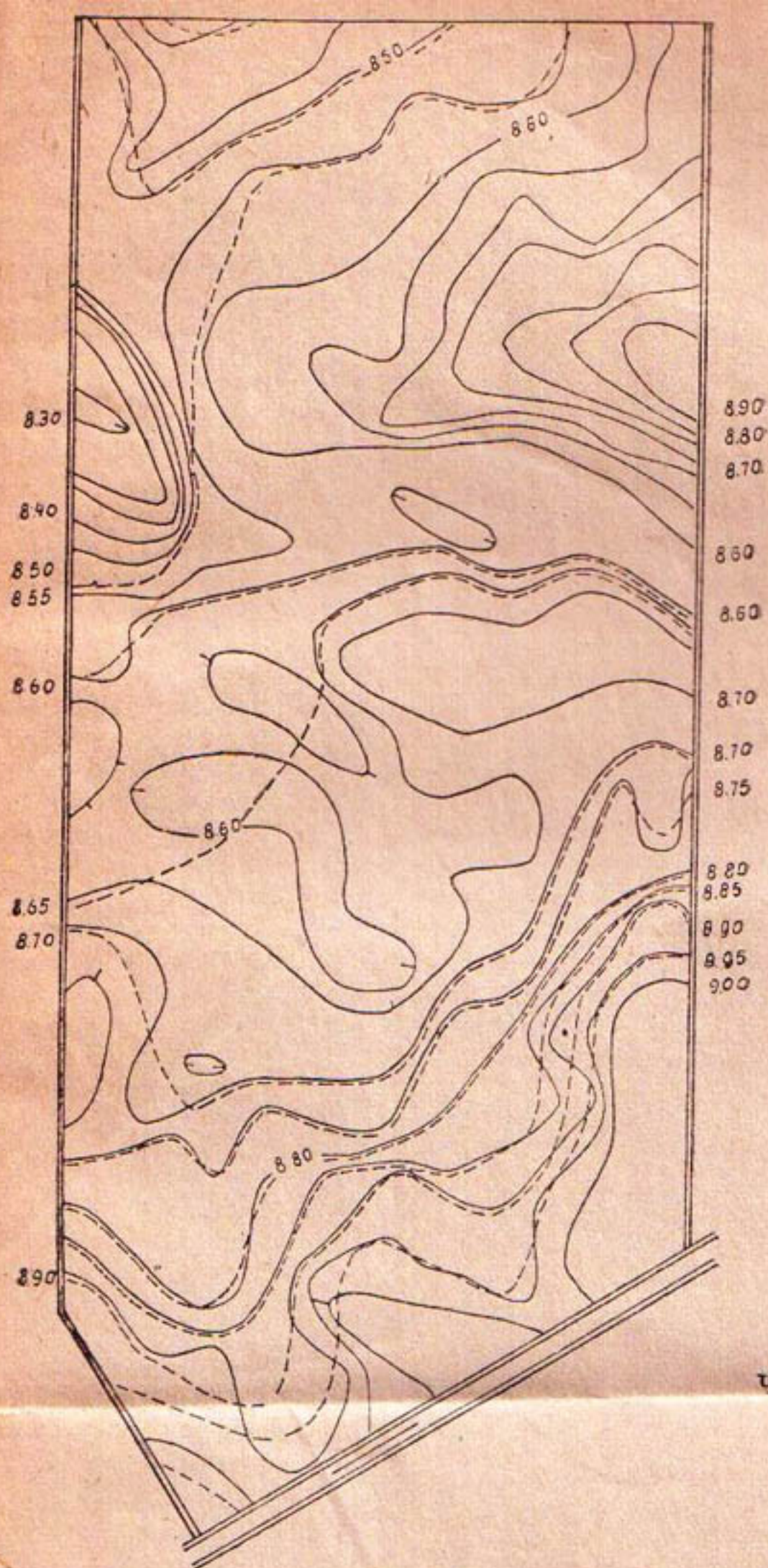
Начинать вычерчивание изолиний нужно с линий нулевых работ, отделяющих срезку от насыпи. Намечают основные точки, которые определяются пересечением одноименных проектных и существующих горизонталей. Через основные точки проводится изолиния, положение которой определяется следующими правилами:

1. При уклоне местности, совпадающем по направлению с проектным уклоном, изолиния проходит вне контура, ограниченного горизонталями, определившими основные точки (см. черт. № 8-б);
2. При уклоне местности, обратном проектному, изолиния проходит внутри контура (см. черт. 8-а);
3. Изолиния может проходить между разноцветными горизонталями только при обратных уклонах (предполагается, что существующие и проектные горизонтالي вычерчены разным цветом).

Иллюстрация этих правил дана на черт. 8.

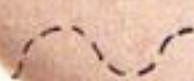
Во всех затруднительных случаях нужно проводить дополнительные горизонтали проектной и существующей поверхностей. Пересечение их дает более густую сетку основных точек на трудных участках поверхности.

До приобретения навыка рекомендуем делать дополнительные сечения на всех характерных участках. Дополнительные горизонтали лишь слегка намечаются и убираются тотчас же после определения положения изолинии.

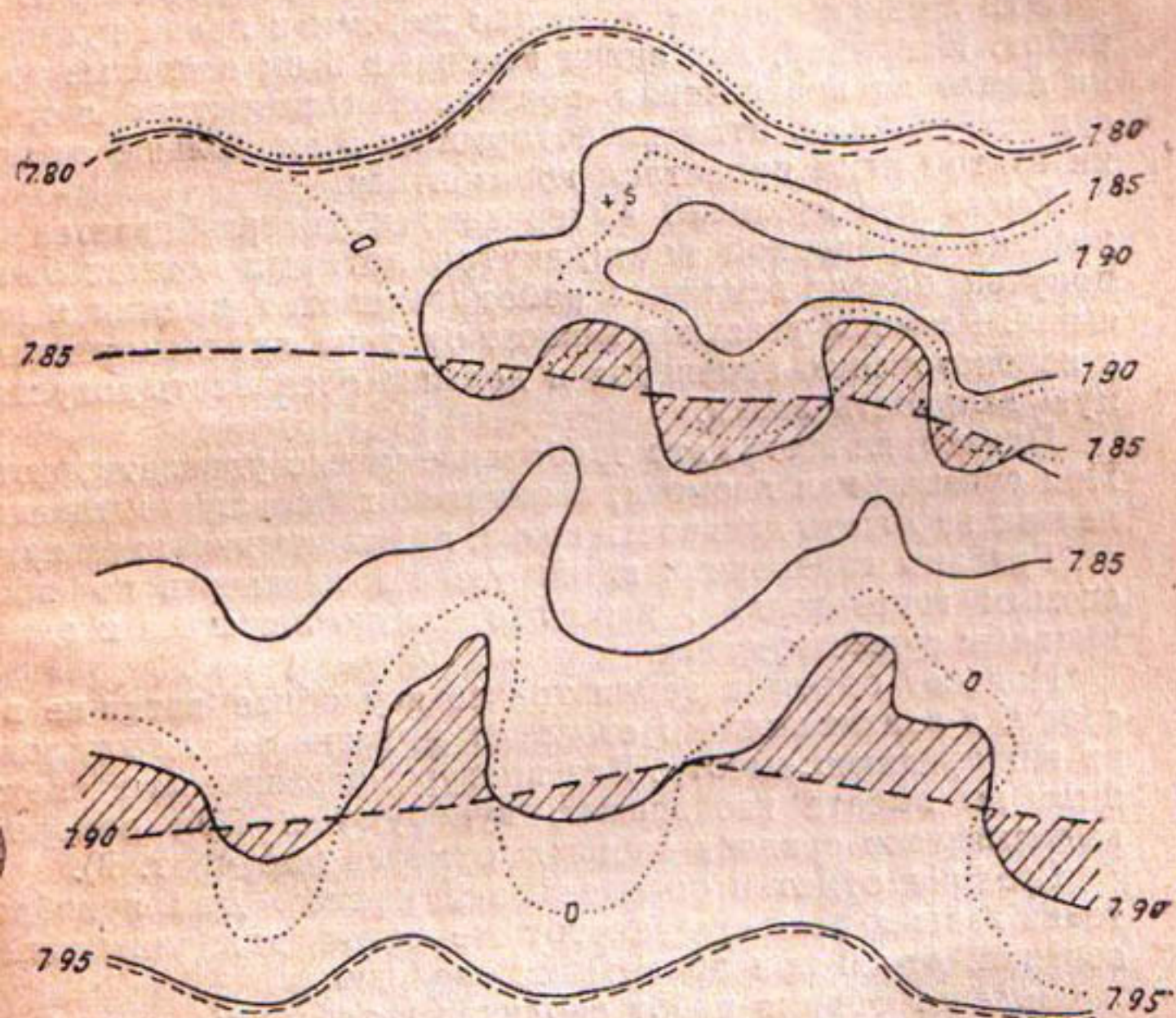


Черт. № 7.

*Условные обозначения:*

 *горизонталы существ. поверхности*  
 *горизонталы проектной поверхности*

*Масштаб: 1:2000.*



Условные обозначения:

-  горизонталы существующей поверхности
-  горизонталы проектной поверхности
-  Изолинии

Выемки и насыпи секутся на слои, толщина которых равна разности отметок смежных горизонталей. Таким образом, при горизонталях, проведенных через 5 см, будем иметь, кроме линий нулевых работ, линии срезок толщиной 5 см, 10 см и т. д. и линии насыпи в 5 см, 10 см и т. д.

Эти линии вычерчиваются так же, как и линии нулевых работ. Например, для линии выемки в 5 см основные точки лежат на пересечении проектной горизонтали с теми существующими, отметки которых на 5 см больше отметки взятой нами проектной горизонтали.

Когда все изолинии вычерчены, карта разбивается на участки скреперной возки, внутри которых должен быть получен баланс земляных работ (равенство выемки и насыпи). Размеры участков зависят от типа предположенных к использованию скреперов и должны обеспечить допустимую дальность возки.

Однако, не всегда это требование можно удовлетворить. При срезках или насыпях, занимающих большую площадь, нельзя избежать дальности возки, превышающей заданную.

Границы скреперной возки удобно назначать по проектным горизонталям, наиболее близко лежащим к одноименным существующим.

Подсчет объемов земли точнее и удобнее вести не по слоям, а вертикальными столбиками, назначая для каждого из них среднюю высоту. Все контура, ограниченные смежными по высоте изолиниями, нумеруются. Под номером выписывается средняя рабочая отметка (см. черт. 9).

Средние отметки определяются на-глаз. Для приобретения навыка рекомендуем тот же метод дополнительных сечений, что и при проведении изолиний.

Подсчет объема работ сводится в таблицу:

| № участка<br>скреперн.<br>возки | Срезка     |                    |                  |                      | Насыпь     |               |         |                      | Примечание |
|---------------------------------|------------|--------------------|------------------|----------------------|------------|---------------|---------|----------------------|------------|
|                                 | № контуров | средн. глубина $h$ | площадь $\omega$ | объем $V = \omega h$ | № контуров | средн. высота | площадь | объем $V = \omega h$ |            |
|                                 |            |                    |                  |                      |            |               |         |                      |            |

Внутри участка подсчитывается  $\Sigma V_{\text{ср}}$  (общий объем выемки) и  $\Sigma V_{\text{н}}$  (общий объем насыпи).

В общем случае будем иметь:

$$\Sigma V_{\text{ср}} \neq \Sigma V_{\text{н}}$$

Для получения равенства  $\Sigma v_{cp} = v_n$  нужно поднять или опустить весь участок или часть его на величину

$$\Delta h = \frac{\Sigma v_{cp} - \Sigma v_n}{\omega},$$

где  $\omega$  — площадь смещаемого участка.

Если при первом подсчете срезка оказалась больше насыпи, то следует поднять участок, на котором срезка занимает большую часть площади. Если же преобладала насыпь, то нужно опустить участок, занятый на большей своей части насыпью. Смещать проектную поверхность всей карты нельзя, так как это не даст уменьшения объема работ и, кроме того, уничтожает участки нулевых работ, вынуждая производить на них тонкие срезки и подсыпки, весьма сложные в производстве работ.

Участки смещаемой проектной поверхности должны плавно (без уступов) сопрягаться с оставшейся без изменения поверхностью. Уменьшение вследствие этого объема, заключенного между старым и новым положением проектной поверхности, нужно компенсировать увеличением величины смещения участка в средней его части.

Можно принять, что величина смещения ( $\Delta h$ ) на границах участка равна нулю, а в средней части

$$\Delta h = 2 \frac{\Sigma v_n - \Sigma v_{cp}}{\omega}.$$

Таким образом, корректировка поверхности заключается в смещении проектных горизонталей на плане вверх по уклону, если преобладает срезка, или вниз по уклону, если преобладает насыпь. При этом в первом случае желательно исправить поверхность только на площадях срезки, а во втором только на площадях насыпи, чтобы корректировкой не увеличить, а уменьшить объем земляных работ.

Исправление изолиний и второй подсчет объема работ состоит из уже описанных операций и пояснений не требует.

Кроме рассмотренного способа проектирования, нами ранее был проверен способ проектирования поверхности по продольным профилям узких полос. Полосы направлялись или по направлению полива или поперек его. Этот способ допускает значительную принципиальную погрешность. Действительная поверхность заменяется ступенчатой, так как каждая полоса входит в расчет как поверхность одной кривизны, сопряженная со смежными полосами уступами. Точно также и проектная поверхность задается уступчатой.

Очевидно, величина ошибки находится в прямой зависимости от ширины полос. Уменьшение ширины полос имеет свой практический предел. Так, при ширине полос в 10 м при проектировании потребуется на 1 га проектной поверхности вычертить и запроектировать 1 км продольных профилей полос.

Кроме того, ограничиться изображением проектной поверхности только на продольных профилях нельзя. Для окончательного выбора способа полива необходимо иметь план в горизонталях. Для целей производства работ нужно знать плановое расположение срезок и насыпей и величину их, поэтому, пользуясь продольными профилями, придется перенести на план изолинии и произвести подсчет объема срезки или насыпи каждого контура изолиний.

Таким образом, простота этого способа только кажущаяся. Он менее точен и более сложен, чем способ изображения проектной поверхности горизонталями.

Обычно при первой проработке вопроса проектирования планировочных работ выбирают именно способ продольных профилей. Так, например, Сазгипровод в проектах переустройства сети (1936 г.) для определения объема планировочных работ использовал этот способ.

## § 5. Составление маршрутов перемещения грунта

При сухом способе производства работ планировочные работы делятся на:

1. Рыхление поверхности;
2. Перемещение грунта;
3. Разравнивание поверхности;
4. Поделку валиков.

При планировке для бороздчатого полива 4-й вид работ отпадает.

Сплошное рыхление поверхности всей карты нежелательно. Перемещение скрепера по разрыхленной поверхности требует большого тягового усилия. Одним из условий, определяющих маршруты скреперной возки, является требование отсутствия разрыхленной поверхности на участке пути трактора от места загрузки до места выгрузки грунта. Для выполнения этого необходимо в первую очередь ограничиться рыхлением только площадей срезки.

Кроме того, как показывают исследования сектора механизации Санири (инженер Бочков, И. С.), при глубине срезки свыше 10 см неизбежно повторное рыхление вне зависимости от глубины 1-го рыхления.

Таким образом, рыхление поверхности по своей сложности несравнимо с обычной пахотой. Предварительная разработка маршрутов рыхления в проекте значительно облегчит руководство строительными работами.

В обязательности предварительного составления маршрутов возки грунта убеждать нет необходимости. Планировочные работы отличаются от обычных земляных работ линейного протяжения разве только большей сложностью. Полезно также составить маршруты поделки валиков, хотя эта операция наименее сложна и не отнимет много времени у производителя работ. Для разравнивания поверхности предварительное составление маршрутов невозможно. Предугадать, какова будет форма поверхности после скреперования нельзя. Маршруты выравнивания поверхности приходится составлять по результатам проверки поверхности после скреперования.

Способы составления маршрутов еще не разработаны. Здесь дается пример составления маршрутов возки одним из наиболее простых способов.

Отметим трудности составления маршрутов.

Не изучен вопрос, насколько и в результате каких причин фактически выполненный объем работ отличается от теоретического, подсчитанного хотя бы и на основе идеального изображения поверхности.

Производство работ изучалось почти исключительно для планировки под затопление, но и в этом случае способы производства работ еще не выработаны окончательно.

Работа тракторного ползункового скрепера изучена наиболее полно, но все же остается много невыясненных вопросов, в том числе весьма важный для планировки под бороzdчатый полив вопрос использования скреперов на срезке с глубиной ее менее 5 см. Такие срезки в условиях рельефа совхоза Баяут занимают более 60% всей площади срезки.

Подбор орудий рыхления и выравнивания поверхности только еще начат.

Составление маршрутов должно вестись для определенных орудий, производительность которых для любых возможных при планировке условий известна. Отсутствие этих сведений более всего затрудняет детальную проработку маршрутов.

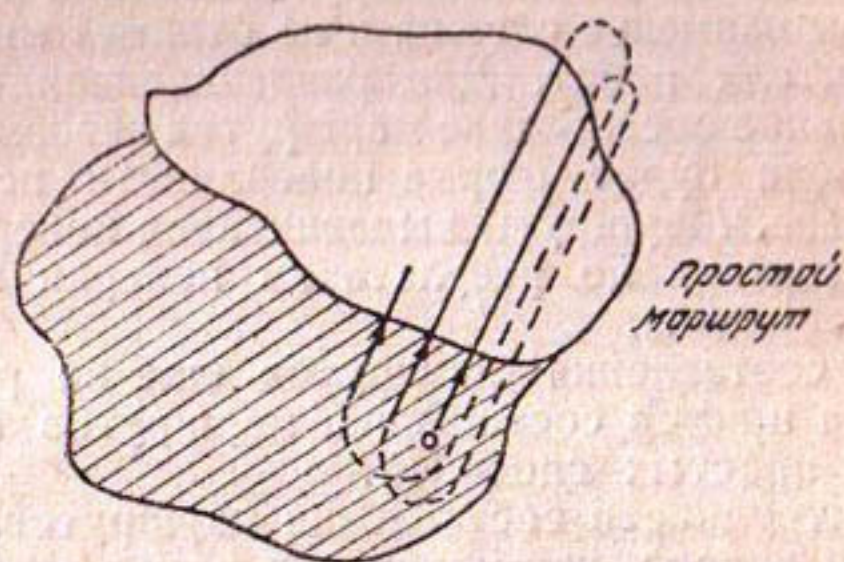
Рассмотрим пример составления маршрутов.

Начинать составление маршрутов планировочных работ нужно с маршрутов возки грунта.

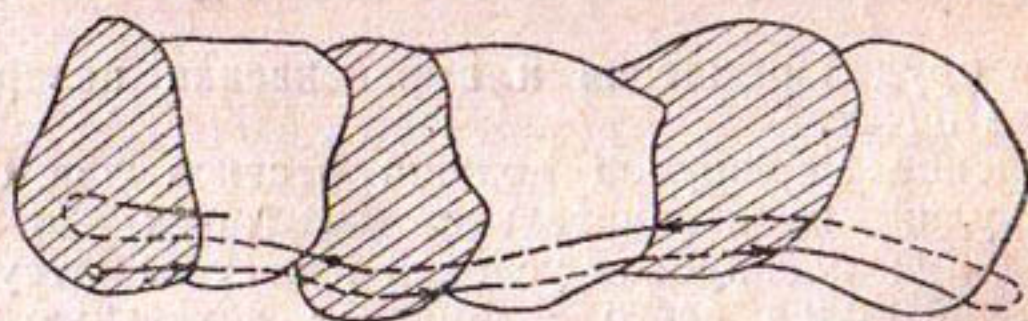
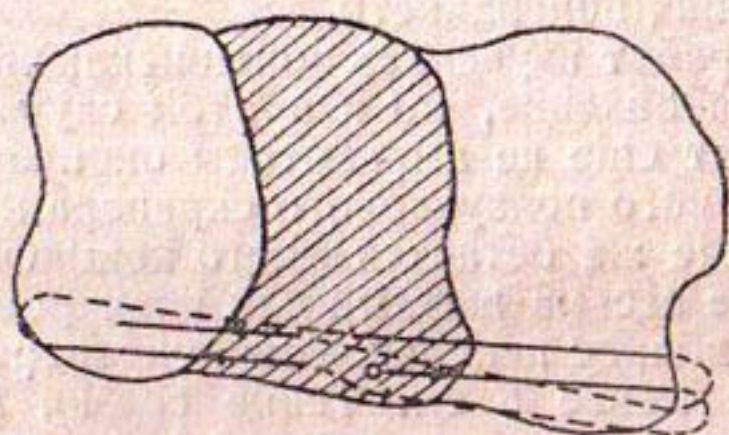
На чертеже 9 показана схема маршрутов. Маршруты возки грунта можно разделить на простые и сложные. Про-

стыми мы называем те, в которые включается только один контур срезки и один контур насыпи; сложными — маршруты, в которых в один цикл работы скрепера входят несколько контуров срезки или насыпи.

На черт. 9 примером простого маршрута является, например, маршрут № 3. Скрепер, взяв грунт на срезке № 4, сгружает его на насыпи № 4, после чего снова возвращается на срезку № 4.



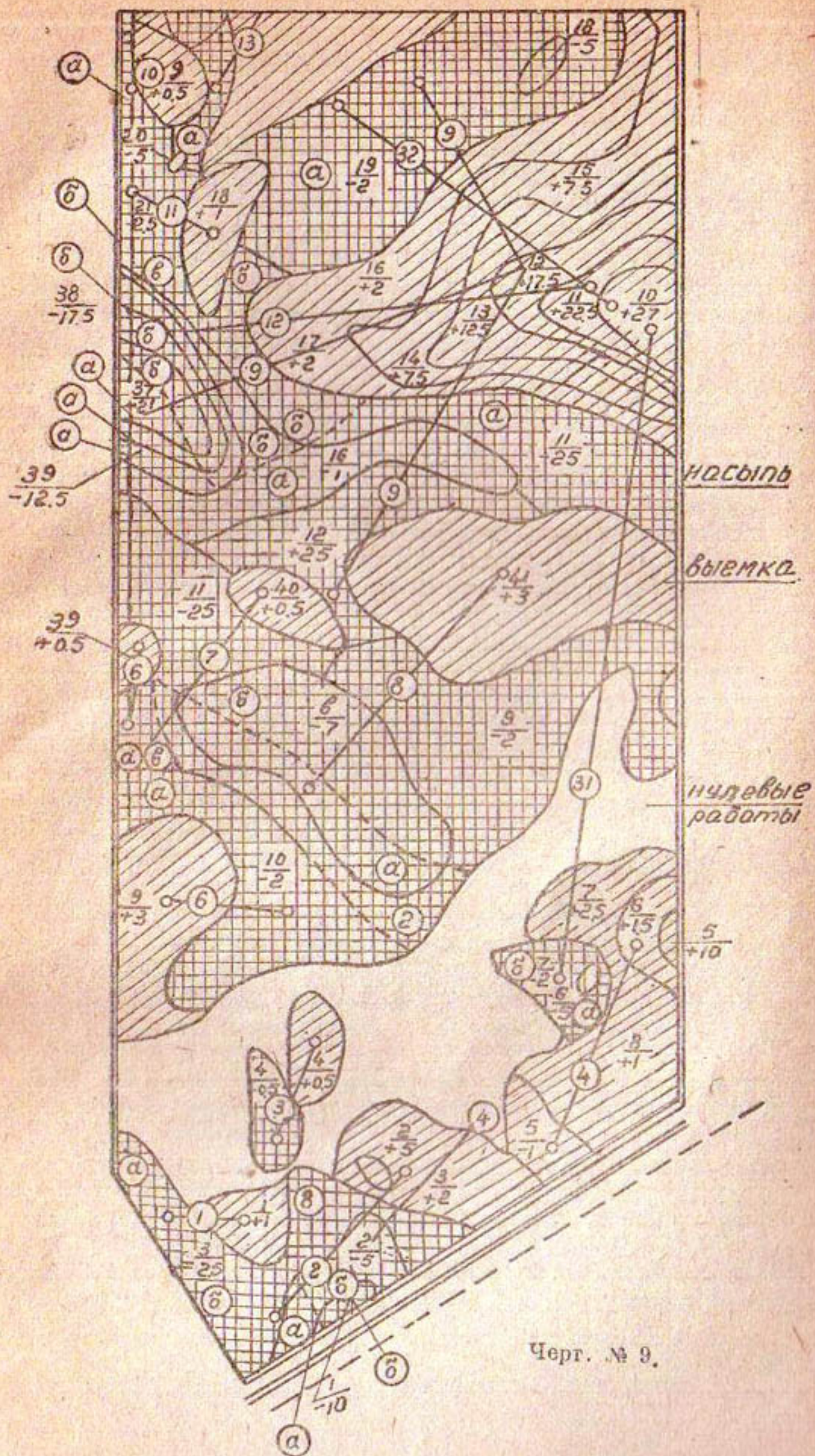
*Сложные маршруты*



Черт. 10.

Примеры сложных маршрутов показаны на черт. 10.

Количество поворотов и протяженность холостого хода в сложных маршрутах значительно меньше, чем в простых.



На черт. 10 заштрихована площадь, занятая срезкой. Грузовой путь скрепера показан сплошной линией, холостой — пунктиром.

При составлении маршрутов добиваются:

1. Наименьшей дальности возки;
2. Наибольшего удобства пути скрепера за весь цикл работы на маршруте;
3. Отсутствия разрыхленной поверхности на пути загруженного скрепера;
4. Равенства объемов срезки и насыпи на площадях, включенных в один маршрут.

Уменьшить дальность возки можно прямым путем, включая в один маршрут объемы срезки и насыпи, наиболее близко расположенные, и косвенным — заменяя простые маршруты сложными.

За дальность возки удобнее всего принять расстояние между центрами тяжести выемки и насыпи. Фактически дальность возки определяется не только положением центра тяжести, но и конфигурацией выемки и насыпи.

Это наглядно обнаруживается в маршрутах, где на насыпь грунт свозится с узкой кольцеобразной полосы выемки, окружающей насыпь. Здесь центр тяжести выемки, конечно, не определяет дальности возки.

Правильнее было бы находить среднюю точку выемки (или насыпи) делением его на ряд площадок, содержащих объем, равный одному ковшу, и определять дальность возки для каждого ковша, но такой способ требует чрезвычайно много времени и все-таки неточен ввиду неточности изображения поверхности.

Предлагаем следующий порядок определения средних точек:

1. Находится линия центров тяжести выемки и насыпи. Для этого мысленно выемку (или насыпь) делят на слои, параллельные проектной поверхности, приближенно намечают центр тяжести нижнего и верхнего слоя и по изменению проекций слоев судят о положении линии, соединяющей центры тяжести слоев;

2. В соответствии с правилами отыскания центра тяжести линии переменного удельного веса намечают центр тяжести всего тела;

3. В зависимости от взаимного положения выемки и насыпи и их конфигурации назначают среднюю точку.

Невозможно и не имеет практического смысла производить описанные операции точно. Он рекомендуется лишь как принципиальный порядок рассуждения. Нужно привыкнуть к приближенному определению средних точек, произ-

водя все промежуточные операции только мысленно. Практически дело сводится к приближенному назначению центра тяжести основания, отысканию вершины рассматриваемой выемки (или насыпи) и назначению средней точки где то около линии, соединяющей две первые точки, с учетом всех соображений о возможном положении средней точки.

Для приобретения навыка в определении дальности возки можно рекомендовать производство проверки на характерных маршрутах путем вычерчивания полного пути скрепера, для чего вся площадь выемки и насыпи данного маршрута делится на площадки, содержащие объем, равный одному ковшу. Затем площадки нумеруются в таком порядке, чтобы транспортирование грунта (в порядке номеров) было наиболее удобным. Определяется дальность возки для каждого заезда скрепера. Средняя арифметическая из этих величин даст дальность возки для всего маршрута. При такой проверке совершенно необходимо вычерчивание дополнительных горизонталей и изолиний.

При составлении маршрутов следует учитывать, что без повторного рыхления можно снять скрепером слой не больше 10 см, поэтому все выемки глубиной больше 10 см делятся на слои по 10 см, включаемые в маршруты самостоятельно.

К схеме маршрутов прилагается таблица, в которой записываются объемы отдельных маршрутов, их дальность возки и подсчитывается средняя дальность возки для сложных маршрутов и для всей карты.

Средняя дальность возки определяется по формуле

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum M}{\sum v},$$

где  $M = v \cdot l$  — момент возки, равный перемещаемому объему, умноженному на соответствующую дальность возки.

После составления схемы маршрутов и определения дальности возки назначается очередность выполнения маршрутов, зависящая от количества одновременно работающих скреперов и их производительности. Очередность выполнения маршрутов возки определяет маршруты рыхления поверхности.

Для разбивки проекта на местности можно использовать наиболее простой способ: на рабочем чертеже наносится сетка, сообразно которой вдоль картовых оросителей разбивается пикетаж. При разбивке на одноименных кольях картовых оросителей выставляются вешки. Внутри створа промеры делаются лентой или шагами. В соответствии с

выписанными на плане расстояниями, определяющими пересечения сетки с нулевыми изолиниями, на местности отмечаются кольями точки. По этим точкам отбиваются границы срезок и насыпей. Границы можно отметить или бороздой плуга или линией из известкового раствора.

Таблица маршрутов возки грунта

| № маршрута | № конт. срезки<br>объем  | № конт. насыпи<br>объем  | Дальность<br>возки | Момент<br>возки | Средн. дальн.<br>возки |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| 1          | $\frac{1}{7}$            | $\frac{3-a}{7}$          | 29                 | 203             | 29                     |
| 2          | $\frac{2, 3}{50}$        | $\frac{36, 2a, 1a}{50}$  | 70                 | 3500            | 70                     |
| 3          | $\frac{4}{3}$            | $\frac{4}{3}$            | 36                 | 108             | 36                     |
| 4          | $\frac{5, 6, 7, 8}{122}$ | $\frac{3b, 26, 16}{108}$ | 148                | 15980           |                        |
|            |                          | $\frac{5}{8}$            | 78                 | 624             |                        |
|            |                          | $\frac{6; 7a}{6}$        | 27                 | 162             |                        |
|            | —                        | 122                      | —                  | 16766           | 137                    |
| 5          | $\frac{9}{64}$           | $\frac{10-a}{64}$        | 43                 | 2753            | 43                     |

Для контроля работ производится контрольная нивелировка по тем же створам.

Следует испытать также контрольную съемку мензулой с нивелиром. При этом способе легко организовать непрерывный контроль, установив мензулу в удобном месте, желательно в центре обслуживаемого участка. На планшете должны быть вычерчены проектные горизонталы и изолинии. Горизонталы, полученные в результате контрольной съемки, вполне точно покажут недоделки.

Контрольную нивелировку и съемку на площадях насыпи можно производить только после выравнивания.

## Содержание

|                                                                                  | Стр. |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| I. Условия для проектирования орошаемой поверхности . . .                        | 5    |
| 1. Планировка под полив по бороздам инфильтрацией и полив напуском . . . . .     | 7    |
| 2. Планировка под полив по глубоким тупым бороздам и полив затоплением . . . . . | 12   |
| II. Методика проектирования планировочных работ . . . . .                        | 16   |
| 1. Общие замечания . . . . .                                                     | 16   |
| 2. Условия проектирования . . . . .                                              | 18   |
| 3. Проектирование планировочных работ для полива затоплением . . . . .           | 20   |
| 4. Проектирование планировочных работ для бороздчатого полива . . . . .          | 29   |
| 5. Составление маршрутов перемещения грунта . . . . .                            | 34   |

Ответственный редактор *А. И. Алексеев*.  
Технический редактор *Е. П. Глаголева*.

Узлит № 451 А, 3 п. л. Тираж 1000 экз.

Ташкент. Узполиграфкомбинат 1939 г. Заказ № 1373