

Издание Московского Политехнического Института.

В. Н. ДМОХОВСКИЙ.

Профессор Московского Политехнического Института.

— 30 —

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

С ПРИЛОЖЕНИЕМ СОКРАЩЕННЫХ ТАБЛИЦ ДЛЯ РАЗВИВКИ
КРИВЫХ И ПОДСЧЕТА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ.

Краткое пособие для студентов Московского Института Инженеров Путей Сообщения и Московского Политехнического Института.



МОСКВА.

Типо-литография казенных железных дорог Московского узла.

1919.

Проектирование и расчет земляных работ.

В В Е Д Е Н И Е.

Главное назначение железных дорог—это служить скорым по выполнению и дешевым по стоимости средством перемещения массовых грузов.

Для того, чтобы эти требования могли быть выполнены, железные дороги должны обладать достаточно мощными механическими двигателями — паровозами с одной стороны, а с другой стороны и пути следования этих паровозов вместе с прицепленными к ним груженными вагонами по своему устройству должны иметь конструкцию, обеспечивающую движение по ним подвижного состава возможно большого веса с наибольшею скоростью и при минимальных затратах механической энергии.

В целях удовлетворения этим условиям подвижной состав на железных дорогах ставится на рельсы, что доводит до минимума явление трения между колесами и поверхностью движения. Как показывают сравнительные расчеты, при прямом горизонтальном пути, наличие рельс на железной дороге дает возможность последней везти груз силою в 10 раз меньше той, которая необходима для перемещения того же груза по хорошему шоссе. Кроме того, самому пути железной дороги стремятся придать если не горизонтальное положение, то во всяком случае возможно близкое к горизонтальному положению. Пусть (черт. № 1) положение —а в— железнодорожного пути характеризуется тем, что на протяжении А, он поднимается на

высоту Н. Тогда отношение $\frac{H}{A} = \operatorname{tg}\varphi = i$ будет называться уклоном пути.

Эти уклоны обыкновенно выражаются на железных дорогах в тысячных.

Если, например, дан уклон в 0,005, то это значит, что $\frac{H}{A} = 0,005$.

$$\text{или } H = 0,005 \times A.$$

Придавая А — значение единицы, имеем, что $H = 0,005$, т. е. если имеется уклон в 0,005, то это указывает на то, что путь в данном положении на каждую единицу по длине поднимается по высоте на 0,005 этой же единицы.

Как велико влияние величины уклонов в железнодорожном деле, показывает нижеследующее сравнение: если паровоз определенной мощности может везти по прямому горизонтальному пути со скоростью 10 верст в час—250 нормальных груженых товарных вагонов, то при под'еме в 0,005 это количество тех же вагонов при сохранении той же скорости и всех

прочих условий движения уже сократится до 64, а при $-0,008$ и до 43-х вагонов; последняя норма еще уменьшится до 35-ти вагонов, если будет взят под'ем в $0,010$.

Аналогичное влияние на железнодорожное движение оказывают также и кривые, движение по копп вызывает дополнительные силы трения и при том в тем более сильной степени, чем радиус кривой меньше. Поэтому на железных дорогах стараются этим радиусам придавать возможно большие значения.

Изыскания железнодорожной линии и их результаты. План. Продольный и поперечный профили полотна.

Внешний вид железнодорожного полотна вполне определяется тремя данными:

1) планом, или точнее говоря, направлением на плане местности — оси железнодорожного полотна, разумея под такую осью линию, проходящую по середине верхней площадки полотна;

2) продольным профилем оси железнодорожного полотна, и

3) поперечными профилями полотна, взятыми по направлениям, перпендикулярным к оси полотна.

Упомянутые данные получают на основании результатов изысканий, произведенных на месте проектируемой железной дороги при посредстве ряда геодезических работ. Первая задача такого рода изысканий заключается в прокладке или так называемой трассировке на местности направления оси железнодорожного полотна и способы и условия выполнения этой задачи подробно излагаются в курсе железных дорог. Здесь же слѣдует указать на то, что теоретически наиболее правильным и идеальным решением вопроса в данном случае является проведение линии по кратчайшему прямому направлению, соединяющему между собою те пункты, между коими проектируется постройка железнодорожного пути. Однако, на практике это, вообще говоря, бывает трудно выполнимо, как по местным техническим условиям, так и по экономическим соображениям. Если, например, превышение одного из вышеупомянутых пунктов над другими таково, что прямая линия, их соединяющая, имеет уклон круче заданного для проектируемой дороги, то естественно, чтобы вогнать этот уклон в его заданное предельное значение, необходимо, как говорят изыскатели, развить линию, т. е. удлинить ее, что достигается только лишь изгибом ее по некоторой кривой. Следовательно, в рассматриваемом случае на лицо препятствие технического характера. К категории такого рода препятствий могут быть отнесены также встречающиеся на пути теоретической кратчайшей трассы — церкви, кладбища и так называемые заповедные места, отчуждению под железные дороги безусловно не подлежащие. Что же касается экономической стороны трассировки железнодорожной линии, то очень часто случается, что отклонение этой линии несколько в сторону от прямого направления дает возможность обойти места, требующие больших работ и связанных с ними крупных дополнительных расходов. Так, например, при перевале дороги через возвышенности, а также и при подходах к местам пересечения рек выгод-

нее бывает направить линию в первом случае по естественной ложине, а во втором случае—перпендикулярно к направлению реки в данном пункте. Оба эти обстоятельства также связаны с потребностью искривления железнодорожной линии. Вот почему во избежание неоправдываемых разумными требованиями больших материальных затрат и значительных технических затруднений, направление железнодорожной линии, естественно, будет состоять из ряда прямых линий, наклоненных под различными углами друг к другу и сопряженных между собою круговыми кривыми.

После прокладки оси железнодорожного полотна приступают к проверке ее и последующей нивелировке. Приемы этих работ описаны подробно в курсе высшей геодезии, а потому в данном случае достаточно будет упомянуть о том, что протяжение железнодорожной линии измеряется верстами с подразделением последних на отдельные участки в 50 саженей, называемые пикетами. Что же касается нивелировки оси железнодорожного полотна, то эта работа имеет своей целью определение взаимных превышений друг над другом отдельных точек поверхности земли и производится при помощи особого инструмента нивелира и разграфленных на сотые доли сажени реек, устанавливаемых в вертикальном положении на всех пикетах, а также и промежуточных точках; самый же нивелир обыкновенно ставится по средине пикета, затем зрительная труба его приводится при помощи микрометрических винтов в горизонтальное положение. Тогда, визируя ось этой трубы на ту или другую рейку и отсчитывая те показания на рейке, кои приходится на горизонтальном волоске трубы, можно, беря разность этих отсчетов, определить и требуемые превышения одних точек над другими. Результаты упомянутых полевых работ заносятся в особые книжки; по промеру железнодорожной линии, а равно и по работам, связанным с трассировкою полотна, как-то: определении начала и конца кривых, пересечения рек, протоков, дорог и т. п., все это помещается в так называемой пикетажной книжке. Все результаты нивелировки по пикетам, а также и по всем иным, являющимся характерными, точкам—записываются в так называемый нивелировочный журнал.

Имея пикетажную книжку и нивелировочный журнал заполненными соответствующими сведениями, можно приступить к составлению продольного профиля земляной поверхности по оси проектируемой железнодорожной линии, причем этот профиль вычерчивается в определенном масштабе, а именно $\frac{1}{10.000}$ для горизонтальных и $\frac{1}{1000}$ для вертикальных расстояний. Образец подобного профиля показан на особом чертеже. Внизу этого профиля указываются (красным цветом) длины прямых и кривых проектируемой линии, а также углы поворота, радиусы и прочие элементы, определяющие вид данной кривой, причем кривые вычерчиваются в ту или другую стороны, смотря по направлению поворота. В следующих двух графах черным цветом показываются горизонтальные расстояния между пикетами и промежуточными точками и нивелировочные отметки естественной поверхности земли на пикетах и промежуточных точках.

Все дальнейшее заполнение продольного профиля соответствующими данными уже относится к области проектирования. Условия и порядок производства подобного проектирования будут подробным образом изложены

далее; сейчас же важно лишь отметить, как результаты такого проектирования изображаются на продольном профиле.

После нанесения на чертеже продольного профиля земной поверхности, что связано с заполнением первых двух граф продольного профиля снизу, в следующих двух графах указываются красным цветом проектные уклоны, под'емы и площадки с обозначением крутизны их в тысячных долях и их протяжения, а также проектные отметки продольного профиля проектируемой линии. У линии проектного профиля выписываются также красным цветом разности между земляными (черными), и проектными (красными) отметками. Если при этом земляные отметки по своим численным значениям менее отметок полотна, то получается насыпь, в обратном случае полотно примет вид выемки. Упомянутые разности отметок, так называемые красные отметки означают, следовательно, или высоты насыпей и тогда они выписываются сверху линии проектного профиля, или же глубины выемок, которые ищутся снизу той же линии.

Кроме того на продольном профиле указываются верстовые столбы, а также выписываются расстояния до ближайших пикетов от точек перелома проектного профиля и начала и конца кривых. У линии естественного грунта в соответственных местах обозначаются проектируемые искусственные сооружения с указанием их типа и отверстия, а также горизонты низких и высоких вод (синим цветом).

Выше проектной линии обозначается красным цветом условными знаками положение станций, переездов в уровне рельсов и линейных зданий.

В самом низу профиля помещается (на образце его нет) так называемый ситуационный план полосы, прилегающей к железной дороге с указанием пересекаемых рек, дорог, границ полей, лугов, лесов и проч. Для большей наглядности профиля, выемки окрашиваются в желтый, а насыпи в красный цвет. Что же касается вида поперечного профиля железнодорожного полотна, то на русских железных дорогах установлены нормальные поперечные профили насыпей и выемок, образец коих изображен на особом чертеже. Масштаб для них принимается в 1/200 нат. величины. Детали указанных нормальных поперечных профилей будут объяснены при рассмотрении в последующем, технических условий проектирования и сооружения железных дорог.

Технические условия проектирования и сооружения железных дорог *).

Общие соображения.

Наибольший допускаемый под'ем и наименьший радиус кривых, так называемые предельные под'ем и радиус, для данной проектируемой железной дороги назначаются в зависимости как от ее значения, так и от характера пересекаемой ею местности. Очевидно, чем выше допущенные при проектировании под'емы и чем круче кривые на данной дороге, тем эта

*) Приводимые здесь технические условия представляют собою выдержки из общих утвержденных М. П. С. технических условий проектирования и сооружения жел. дорог первостепенного значения (магистралей).

дорога с одной стороны дешевле по стоимости своей постройки и короче по своему протяжению, но с другой стороны—она представляет большие сопротивления при движении по ней поездов, что сокращает состав последних и вызывает более усиленные расходы по ее содержанию при дальнейшей эксплуатации. Самое выгодное решение вопроса, конечно, заключается здесь в выборе таких предельных под'емов и радиусов кривых, при наличии коих сумма первоначальной стоимости сооружения и соответственно капитализированных ежегодных расходов по эксплуатации данной железной дороги получится наименьшей.

Из всего, здесь сказанного, становится ясным, что при сооружении железных дорог первостепенного значения, с значительными размерами ожидаемого движения, надлежит применять более строгие технические условия, чем при постройке второстепенных линий или под'ездных путей.

На русских железных дорогах первостепенного значения или так называемых магистралах применяются специальные правила, утвержденные Министерством Путей Сообщения под названием „Технические условия проектирования и сооружения железных дорог первостепенного значения (магистралей)“.

Предельные радиусы закруглений и уклоны продольного профиля и общие условия проектирования последнего.

Наименьший радиус закруглений дороги определяется вообще в 300 саженей, и только в особо исключительных случаях допускается уменьшать его до 250 саженей на перегонах между станциями и до 200 саженей при подходе к станциям или же вблизи центров населения и промышленности, а также и при пересечении рек или при неизбежном обходе каких либо серьезных препятствий в узких местах. Указанные пределы значений для радиусов не распространяются на железнодорожные линии второстепенного значения, где предельное значение радиуса может быть принято и менее 300 саженей, однако, не следует забывать, что предельная крутизна кривой, допускающей проход по ней паровозов нормальной колеи в 5 футов шириною без применения специальных приспособлений, получается при радиусе не менее 100 саженей.

Между двумя закруглениями, направленными в противоположные стороны, если оба эти закругления или одно из них имеют радиусы менее 1000 саженей, должна быть помещена прямая вставка, наименьшая длина коей определяется по формуле:

$$10 + 5000 \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right) \text{ саженей,}$$

где R и R_1 — радиусы закруглений также в саженях.

Предельная крутизна уклонов продольного профиля дороги, если нет на этот счет особых указаний, не должна превышать предела в 0,008, как на прямых частях линии, так и при совпадении означенного уклона с предельным закруглением. На под'ездных путях и вообще на дорогах

второстепенного значения предельные значения уклонов могут быть взяты и более 0,008; следует иметь в виду здесь лишь то обстоятельство, что при уклонах круче 0,04 сама железная дорога должна быть зубчатой. В туннелях наибольший уклон должен составлять не более $\frac{2}{3}$ от допущенного наибольшего уклона на открытых участках дороги.

Затяжные под'емы в 0,003 и круче должны быть подразделены площадками длиною не менее 200 саж. или в исключительных случаях вставками под'ема в 0,001 или 0,002 длиною не менее 250 саж.; самое же протяжение непрерывного затяжного под'ема, указанного выше значения допускается не более 5-ти верст. При переходах от одних значений уклонов к другим, равно как к площадкам и наоборот, а также и при переходе прямой части дороги в кривую и обратно, во всех этих случаях сопротивление движению поезда должно претерпевать некоторые изменения как бы мгновенного происхождения. Подобного рода явления, вызывая собою резкие нарушения равномерного движения в виде толчков, часто служат причинами разрыва поезда. Поэтому все такого рода переходы должны быть по возможности сглажены и техническими условиями сооружения железных дорог предусматривается ряд соответствующих мер.

Так, например, точки перехода из прямой части дороги в кривую должны отстоять от точек перелома продольного профиля не менее, как на 8 саженой.

Далее расстояние между двумя смежными вершинами перелома продольного профиля дороги должно быть, вообще, не менее 60 саженой. Смежные склоны должны быть сопряжены между собою кривой, описанною радиусом не менее 2000 саж. Если два смежных склона продольного профиля направлены в противоположные стороны, и крутизна каждого из них превышает 0,002, то таковые склоны должны быть отделены один от другого или горизонтальною площадкою, или же склоном не круче 0,002, имеющими не менее 60 саженой длины. Означенная предельная длина увеличивается до 85 саженой длины, если сопряжение у подошвы двух смежных скатов совпадает с кривою радиуса не менее 400 саженой.

Станционные и раз'ездные площадки.

В том месте, где расположена станция, продольный профиль дороги должен представлять собою горизонтальную площадку. Эту площадку, по возможности, желательно выбрать так, чтобы количество земляных работ по ее разработке было наименьшее. Это требование оправдывается тем же соображениями, что станционные площадки предназначаются для укладки ряда путей и, следовательно, они должны быть достаточно широки, что при расположении станции на высокой насыпи или в глубокой выемке вызовет значительные дополнительные земляные работы, не говоря уже обо всех тех неудобствах, кои неизменно будут иметь место при наличии большой разницы в уровнях станционной площадки и окружающей ее местности. Если же есть возможность расположить станцию на уровне, близком к нулю, то более предпочтительной является небольшая насыпь, чем неглубокая выемка в целях более полного обеспечения станционной площадки от заливания ее дождевой или талой водой. Длина станционной

площадки зависит от класса станции. Так, на станции I класса эта длина должна соответствовать проекту расположения станции, составленному в зависимости от местных условий и заданных размеров движения, а на станциях прочих классов должна быть: на станциях II класса — не менее 600 саж. и на станциях низших классов не менее 500 саженей, при чем если при станции не предполагена постройка паровозного депо, то эта длина уменьшается до 450 саженей.

Если на площадке вместо станции назначена постройка раз'езда, то ей можно придать уклон, но не круче 0,002, так как уклон в 0,0025 сам по себе является уже предельным уклоном, при котором вагоны, стоящие на рельсах, не обнаруживают еще склопности скатываться вниз под влиянием собственного веса. Принимая же во внимание возможность наличия попутного ветра, сырой погоды, влияющей на состояние рельс в отношении уменьшения коэффициента сцепления и прочих благоприятствующих тому причин, упомянутый предел в 0,0025 на практике сокращается до 0,002.

Кроме того, станционные площадки необходимо располагать на прямых частях пути или на закруглениях радиусом не менее 600 саженей. В крайних случаях этот радиус может быть понижен до 400 саженей.

Если при выборе места для станционной площадки есть возможность так или иначе варьировать, то подходы к станции стремятся так расположить, чтобы с обеих сторон путь примыкал к станции под'емами, что в значительной степени способствует облегчению остановки проходящих поездов и уменьшению потери времени на приобретение надлежащей скорости отходящими поездами.

Условия проектирования земляного полотна и вспомогательных к нему устройств (резервы, кавалеры, нагорные канавы, защитные валы и прч.).

Если разрешение постройки дороги не было обусловлено устройством земляного полотна под два рельсовых пути, то полотно устраивается под один путь, за исключением станций и раз'ездов, где земляному полотну должна быть придана сразу полная ширина.

Ширина земляного полотна по верху на перегонах должна быть: 2,60 саж. при одном, и 4,60 саж. при двух путях.

Крутизна откосов, насыпей и выемок определяется свойствами грунта. В обыкновенных грунтах нормальная крутизна откосов принимается для насыпей и выемок — $1\frac{1}{2}$ основания на 1 высоту, при чем при высоте насыпей более 3 саженей, к полуторному заложению основания прибавляется на каждую одну сажень, свыше 3-х саженей, еще по 0,25 саженей. Если насыпь земляного полотна устраивается на косогоре с крутизною более $1\frac{1}{2}$, в поперечном направлении по отношению к оси полотна, то основание под насыпь должно быть обделано правильными уступами шириною в 0,40 саж., имеющими уклон в сторону горы.

Резервы при насыпях, то есть такие выемки, из коих добывается земля для образования насыпей, должны быть закладываемы в расстоянии не менее 1,50 саженей от подошвы откоса насыпи, соответственно се

профили под два пути, а кавальеры при выемках, т. е. насыпи, производимые с целью складывания земли, полученной при разработке выемки, должны быть расположены на расстоянии не менее 4 саженьей, считая от подошвы откоса кавальера до соответствующей бровки выемки, также в предположении устройства полотна ее под два пути.

Поперечные профили резервов и кавальеров должны быть правильно обделаны с откосами; у кавальеров—полуторными, и у резервов—одиночными.

Так как при перевозке земли из резерва в насыпь или из выемки в кавальер вертикальные перемещения земли обходятся дороже горизонтальных*), то как кавальерам, так и резервам стремятся всегда придать более пониженный профиль путем соответствующего его ушрения. Кроме того, при устройстве железнодорожного полотна надлежит принять соответственные меры к отведению от него воды. Для этой цели устраиваются водоотводные каналы, которые должны иметь размеры и уклон, достаточные для свободного пропуска накапливающейся в них воды. Если уклон дна канала слишком велик, то скорость течения воды в канаве может вызвать размыв ее; наоборот, при очень малом уклоне, течение воды будет настолько замедляться, что, кроме возможности переполнения водою самой канавы, поперечный профиль последней будет быстро заноситься илом, который, находясь то того во взвешенном состоянии под влиянием скорости течения воды, с ослаблением последнего, начнет осаждаться путем выпадения из воды. Во всяком случае, уклон дна в канавах должен быть не менее 0,001. В обыкновенном грунте уклон дна канавы может быть задан до 0,005 без опасения размыва грунта. При увеличении крутизны уклона до 0,01, в особенности, когда грунт не допускает больших скоростей течения, является более предпочтительным заменять его уступами, укрепленными сухой кладкой и мостовой при уклоне протяжения между уступами в 0,005. При таких упрощенных приемах укрепления означенных уступов высота последних не должна превышать 0,25 сажени; в противном случае в месте уступа надлежит устраивать деревянный, каменный или бетонный водобойный колодезь. Таким образом, благодаря подобного рода уступам часто удается с одной стороны смягчить крутизну уклона дна канавы, а с другой стороны избавиться от излишних земляных работ, сопряженных с увеличением глубины канавы, неоправдываемым размерами максимального расхода протекающей по ней воды. Кроме того, эта вода, проходя в своем движении через такие уступы, теряет на них всю свою живую силу и потому наличие подобного перепада на протяжении длинной канавы в значительной мере способствует лучшей сохранности как дна самой канавы, так и ее откосов.

Если же по местным условиям уступы приходится располагать слишком часто, вследствие чего расстояние между ними делается менее 10 саженьей, то становится более удобным и выгодным вымостить канаву на всем ее протяжении с допущением более крутого уклона. Однако, наивысшим пределом этой крутизны следует признать уклон в 0,02, с применением замощения двойной каменной мостовой. При потребности дальней-

*) Так, при начислении дополнительной платы за дальность возки земли, основною единицею для измерения горизонтальных расстояний служит, обыкновенно, 25 или даже 50 саженьей, тогда как вертикальные перемещения измеряются уже аршинами.

шего увеличения крутизны уклона, прибегают уже или к более солидному укреплению дна и откосов канавы или же устраивают искусственные сооружения в виде деревянных, каменных или железобетонных лотков или водобойных колодцев *).

Т А Б Л И Ц А № 1.

Род поверхности дна канавы.	Наибольшая скорость течения воды допускаемая родом дна канавы.	Допускаемый предельный уклон дна канавы.	Примечание.
Обыкновенный грунт.	5 футов.	0,005	Расчеты произведены по формуле <i>Vazin'a</i> и по нормам проф. Николаи
Одернованный грунт.	6 „	0,008	
Одиночная каменная мостовая.	7 „	0,010	
Двойная каменная мостовая. .	10 „	0,020	
Каменный лоток.	14 „	0,040	

Что же касается поперечного сечения водоотводных канав, то размеры их применяются в зависимости от рода назначения этих канав. Они делятся на путевые канавы, нагорные и забанкетные канавы.

Путевые канавы, или кюветы составляют неотъемлемую принадлежность нормального профиля каждой выемки и служат для отвода воды как с площади самого полотна, так и с откоса выемки. Размеры, кои им приданы, следующие: ширина по дну—0,20 саж., глубина—0,30 саж. и крутизна откосов: со стороны пути—1 : 1 и с полевой стороны—1 : 1½.

Для ограждения выемки от затопления водою, стекающей по склону нагорной стороны, устраиваются так называемые нагорные канавы.

Обыкновенные поперечные размеры нагорной канавы определяются путем расчета в соответствии с площадью обслуживаемого ею бассейна, как это подробно излагается в курсе железных дорог.

Если же по местным условиям такого расчета не требуется, то нагорным канавам придают минимальные поперечные размеры: ширина по низу—0,25 саж., и глубина 0,40 сажени при полуторных откосах.

Нагорные канавы должны отстоять не ближе 0,50 саж. от подошвы заднего откоса кавальера или защитного вала и, во всяком случае, не должны быть ближе 2,50 сажени от верхнего ребра выемки, соответственно профилю таковой под два пути, дабы вода, протекающая по нагорной канаве, увлажняя путем просачивания грунт под дном ее, не могла оказаться причиной сползания или обрушения откосов полотна кавальера или защитного вала, слишком близко прилегающих к этой канаве.

*) Все сказанное относительно рода поверхности дна канавы и соответствующих ему предельных уклонов может быть представлено в виде нижеследующей таблицы.

Так как, как это видно из нормального поперечного профиля выемки, нагорная канава, обычно, располагается на довольно большом расстоянии от самой выемки, то в целях перехвата воды, стекающей по склону местности в выемку с поверхности земли, расположенной между самой выемкой и кавальером или защитным валом, закладывается вблизи верхнего ребра откоса выемки особая, так называемая забанкетная канавка, при чем вынутая из нее земля идет на образование банкета, благодаря чему в кюветы выемки попадают лишь только те воды, кои собираются в них путем стока с откосов выемки.

Это обстоятельство в отношении предупреждения выемки от затопления признается крайне важным и техническими условиями; поэтому безусловно не допускается спуск в кюветы выемок воды из нагорных канав.

В силу тех же соображений, все выходы кюветов, нагорных канав и резервов к искусственным сооружениям должны быть возможно более удалены от полотна дороги, насажены так, чтобы вода, выходящая из них, не ударяла непосредственно в насыпь и сверх того, соответственно укреплены.

Если вдоль насыпей с нагорной стороны полотна не имеется резервов и есть основание опасаться подмыва откосов, то в расстоянии двух саженей от подошвы откоса насыпи рекомендуется в таких случаях прокладывать самостоятельную нагорную канаву.

Для обеспечения лучшего стока воды и возможного удаления ее от полотна, резервы, вынутые вдоль насыпей, должны иметь поперечный склон в сторону от полотна не менее 0,02 и надлежащий продольный уклон в сторону ближайшей лощины или искусственного сооружения, куда вода из резервов и должна быть выведена.

Точно также и верхняя грань кавальеров должна быть обделана уклоном в 0,02 в противоположную от полотна сторону, а берма, оставляемая между подошвою откоса насыпи с нагорной стороны и внутренним откосом резерва соответственно срезается или подсыпается с уклоном в 0,02 в сторону резерва.

Меры для защиты железнодорожного полотна от снежных заносов.

Расходы, производимые железными дорогами по очистке путей от снега, относятся к категории так называемых непроизводительных расходов по той причине, что за счет этих расходов состояние самой дороги в отношении всех ее существующих сооружений отнюдь не улучшается. Поэтому, после длительного эксплуатационного опыта на русских железных дорогах, кои по интенсивности наблюдаемых на них снежных заносов, не имеют себе подобных во всем мире, пришли к тому заключению, что помимо рациональной разработки вопросов о предупреждении и возможном смягчении влияния этих заносов искусственными снеговыми защитами, а равно и о своевременной расчистке снегоочистителями начинающих уже заноситься путей, необходимо принять ряд мер еще при самой постройке железной дороги.

Как показывает практика, скорее и сильнее всего заносятся встречающиеся на поверхности земли различного рода впадины и углубления не-

большого сравнительно заложения. К этой категории топографических разновидностей принадлежат также и все мелкие выемки. Далее, так как по мере приближения зимы к концу, снежный покров земной поверхности все возрастает, а высота его доходит до 0,30 саж., то легко может случиться, что путь, проложенный по насыпи высотой менее 0,30 саж., к концу зимы окажется расположенным как бы в мелкой выемке.

Указанные обстоятельства и приводят к необходимости избегать вообще мелких насыпей и выемок на перегонах железнодорожного пути, придавая насыпям высоту не менее 0,35 саж., а выемкам—глубину не менее 0,50 саж.. Сюда, конечно, не относятся переходные части от насыпи к выемке и наоборот или так называемые нули, кои в силу природы своего естественного происхождения, не могут не нарушить своим неизбежным существованием только что установленных минимальных пределов.

Здесь уместно будет еще отметить то обстоятельство, что в то время, как теоретически нулем будет только одна точка 0, (черт. 2) практически, в отношении заносимости, нулем следует считать некоторое протяжение —р—, считая пределами его те границы, на коих с одной стороны насыпь принимает высоту, большую 0,35 саж., и с другой стороны—выемка становится глубже 0,50 саж. При соблюдении упомянутых предосторожностей, далеко еще не все меры борьбы с вредным влиянием снежных заносов оказываются исчерпанными, и наиболее слабыми в этом отношении местами являются выемки глубиною от 0,50 саж. и до 4-х саженой. Эти выемки, обычно, ограждаются специальными снеговыми щитами постоянного или переносного типа.

Теория их работы сводится к следующему: Как известно, снежные заносы происходят не столько от снегопадов, сколько, главным образом, от так называемого поземка, т. е. такого явления, когда действием ветра снежная масса перемещается по поверхности открытого места. Встречая по пути своего следования какие либо препятствия, эта снеговая масса производит около них значительные отложения, благодаря чему сплошь и рядом создаются снежные заносы даже без всякого участия в их образовании непосредственного снегопада. Характер подобного рода снеговых отложений ясен из чертежа № 3.

Из непосредственных наблюдений выясняется тот факт, что ветер может сорвать отдельные частицы снежного покрова и образовать из них поземки лишь тогда, когда скорость его начинает превышать 10 метров в секунду и, кроме того, если по направлению тока ветра попадается преграда в виде щита, то непосредственно над последним получается некоторое сжатие струи воздуха, прорывающейся в этом месте с усиленною скоростью по другую сторону щита.

В то же время, благодаря упомянутому сжатию воздушного тока как перед щитом, так и за ним образуется сфера затишья, где скорость ветра становится уже значительно менее 10 метров в секунду; это же явление указывает на то, что если отдельные снежинки, пребывая в воздухе во взвешенном состоянии, попадут в сферу затишья, они должны выпасть из воздуха и осесть на землю, что в действительности и наблюдается, причем

протяжение полосы затишья за щитом (черт. № 4) всегда бывает значительно более аналогичного же протяжения — перед щитом.

Если щит будет поставлен очень близко к выемке, то последняя рискует сама попасть в область затишья и тогда вся работа такого щита будет направлена к искусственному занесению огражденной им выемки. Вот почему при эксплуатации железных дорог снеговые щиты всегда стремятся ставить так, чтобы полоса затишья вся целиком умещалась между щитом и верхним обрезом откоса выемки.

При сооружении вновь железной дороги роль щитов присваивают кавальерам путем соответствующего изменения их поперечного профиля и надлежащего удаления их от края выемки. В таком случае кавальер из бесполезного сооружения — свалки ненужной земли, превращается уже в полезное сооружение, называемое защитным валом.

Эти защитные валы устраиваются или с обеих сторон выемки, или чаще только со стороны господствующих ветров.

Минимальные поперечные размеры защитного вала: Высота — 0,75 сажени и ширина по верху — 0,50 сажени при полуторных откосах с обеих сторон. Что же касается расположения защитного вала, то его отсыпают отнюдь не ближе 12 сажений, от края выемки и только в особо исключительных условиях заносимости железных дорог (напр. на Ташкентской и Самаро-Златоустовской дорогах) их отодвигают от края выемки на расстояние до 30 сажений.

Искусственные сооружения.

При трассировке железнодорожной линии весьма важно сохранить в возможно полной неприкосновенности все те водные протоки, коими обслуживалась данная местность до постройки полотна железной дороги. Это достигается вполне путем устройства в железнодорожном полотне искусственных сооружений в виде мостов и труб различных типов, отверстия коих для безопасного пропуска через полотно дороги наибольших вод, определяются расчетами, подробно изложенными в курсе железных дорог.

Здесь достаточно лишь будет упомянуть о том, что размер отверстия искусственного сооружения зависит главным образом от величины площади бассейна, вся вода с которого пропускается через данное искусственное сооружение. Съемка в натуре подобного рода бассейнов производится по правилам, кои указаны в соответствующих частях курса нисшей геодезии.

Искусственные сооружения устраиваются, как было об этом сказано ранее, или в виде мостов, или же в виде труб, причем лотку, т. е. дну протока в них в нормальных условиях их проектирования придается естественный уклон того оврага, лощины или дна протока, где устраивается указанное искусственное сооружение. В некоторых случаях практики, однако, иногда прибегают к искусственному понижению дна русла под искусственным сооружением с соответствующей перепланировкой подводящего и отводящего русел, что бывает главным образом тогда, когда по техническим

условиям трассировки железнодорожной линии, ее не представляется возможным поднять выше определенного уровня.

Т р у б ы.

Трубы могут быть каменные, бетонные, железобетонные и металлические. Последние трубы употребляются исключительно лишь круглого сечения. Что же касается прочих труб, то они могут быть как круглых сечений, так и иных типов, а именно со сводчатыми перекрытиями, исполненными по дуге круга, параболе и по кривым: коробовой, эллиптической и прочих очертаний.

Каждая такая труба характеризуется своим отверстием, т. е. расстоянием по горизонтальному направлению между исходными точками кривой внутреннего очертания свода трубы.

Наименьшим отверстием для труб установлено 0,50 саж. Это требование вызывается тем, чтобы избежать возможного застревания в трубах меньших отверстий каких либо посторонних предметов. Так, например, досталоно хорошо всем известная Кукуевская катастрофа на Курской дороге произошла как раз по причине закупорки чугунной трубы снесенным ливневыми водами с полей стогом сена. Что же касается наибольших размеров отверстий искусственных сооружений, то эти пределы установлены в 0,75 саж. лишь только для чугунных труб, в силу того, что при больших размерах поперечных сечений, такие трубы утрачивают уже необходимую жесткость своей конструкции и легко деформируются, сплющиваясь под давлением земляной загрузки, усиленной воздействием проходящих по ней поездов.

При расположении труб в насыпях необходимо последним придавать такую высоту, чтобы общая толщина земляной засыпки и балласта над наружною поверхностью их свода до подошвы шпал составляла не менее 0,50 саж. и только в особо исключительных случаях эту толщину допускается уменьшать до 0,20 саж.

Вообще говоря, применение труб целесообразно в тех случаях, когда насыпи имеют настолько большие высоты, что постройка вместо них мостов вследствие чрезмерной стоимости высоких опор оказывается неэкономичной.

Другим преимуществом применения труб является сохранение непрерывности в конструкции железнодорожного пути над ними и потому при выборе места для постройки проектируемой трубы совершенно не приходится считаться с тем видом продольного профиля полотна железной дороги, какой имеется в каждом рассматриваемом случае.

Чтобы составить себе более или менее ясное представление о тех минимальных условиях, при наличии коих возможно размещение в насыпях труб различных типов и отверстий, далее приводится таблица № 2, при чем в целях упрощения в ней рассмотрены лишь случаи сводов труб круговых очертаний.

ТАБЛИЦА № 2. (Все размеры в саженах).

Тип трубы.	Отверстие.	Высота балластной засыпки.	Толщина в ключе свода.	Подъем свода.	Высота пята свода над уровнем воды.	Допускаемая глубина воды.	Высота земляного полотна с балластным слоем.	Высота балластного слоя.	Высота земляного полотна (красная отметка насыпи). Наибольшая высота насыпи.	Примечание.	
1	д.	а.	л.	$\frac{d}{2}$	с.	в.	$H_0 = (a + l + \frac{d}{2})$ для чугунных труб. $H_0 = (a + l + \frac{d}{2} + c + b)$ для каменных труб.	h_0	$H = H_0 - h_0$		
каменные (те же нормы и для железобет. труб).	0.50	0.50	0.01	—	—	полное сечение	1.01	0.22	0.79	см. черт. 5.	
	0.75		0.02	—	—				1.27		1.05
	1.00		0.25	0.25	0.35				1.45		1.23
	1.50		0.30	0.38	0.40				1.68		1.46
	2.00		0.35	0.50	0.50				1.95		1.73
	2.50		0.40	0.75	0.60				2.35		2.13
каменные (те же нормы и для железобет. труб).	0.50	0.50	0.01	—	—	полное сечение	1.01	0.22	0.79	см. черт. 6.	
	0.75		0.02	—	—				1.27		1.05
	1.00		0.25	0.25	0.35				1.45		1.23
	1.50		0.30	0.38	0.40				1.68		1.46
	2.00		0.35	0.50	0.50				1.95		1.73
	2.50		0.40	0.75	0.60				2.35		2.13
каменные (те же нормы и для железобет. труб).	0.50	0.50	0.01	—	—	полное сечение	1.01	0.22	0.79	см. черт. 6.	
	0.75		0.02	—	—				1.27		1.05
	1.00		0.25	0.25	0.35				1.45		1.23
	1.50		0.30	0.38	0.40				1.68		1.46
	2.00		0.35	0.50	0.50				1.95		1.73
	2.50		0.40	0.75	0.60				2.35		2.13

Мосты и путепроводы.

Мосты как через реки и протоки, так и через колесные проезжие или другие железнодорожные пути (путепроводы) устраиваются согласно с местными условиями на каменных или на металлических опорах и с каменными, железобетонными, металлическими или деревянными пролетными строениями.

На уклонах свыше 0,001 и на закруглениях устройство мостов и путепроводов допускается лишь в тех случаях, когда общее отверстие этих сооружений не превышает 7 сажений.

Совпадение на мостах или путепроводах уклонов с закруглениями допускается лишь при уклоне, не превышающем 0,006 и при закруглении, имеющем радиус не менее 300 сажений.

Если общее отверстие моста или путепровода превосходит 7 сажений то такой мост или путепровод должны быть устроены на прямой

горизонтальной площадке или на уклоне не свыше 0,001, продолжающихся в каждую сторону от устоя моста на длину не менее 12 саженей.

Переход от одного уклона к другому или от уклона к площадке в тех случаях, когда разница между их крутизной превышает 0,002, не допускается ни на самом мосту, ни на протяжении 15 саженей в каждую сторону пути, считая от устоя.

Подобно таблице № 2 для труб, для случая мостов и путепроводов приведена далее аналогичная таблица № 3.

ТАБЛИЦА № 3. (Все размеры в саженях).

Пролетное строение моста.	Отверстие.	Высота фермы пролетного строения.	Высота поперечины под рельсом.	Высота низа фермы над уровнем воды.	Допускаемая глубина воды.	Высота земляного полотна с балластным слоем.	Высота балластного слоя.	Высота земляного полотна (красная отметка насыпи).	Примечание.
I	I	b	a	c	d	$H_0 = (b + a) + c + d$	h	$H = H_0 + h$	
Металлическое (те же нормы и для железобетонных).	1.00	0.18	0.12	0.50	0.50	1.30	0.22	1.08	
	1.50	0.27			0.60	1.49		1.27	
	2.00	0.29			0.70	1.61		1.39	
	3.00	0.41			0.80	1.83		1.61	
	5.00	0.71			0.80	2.13		1.91	
	8.00	1.08			0.85	2.55		2.33	
	10.00	1.24			0.90	2.76		2.54	
	12.00	1.62			0.95	3.19		2.97	
	15.00	1.75			1.00	3.37		3.15	

См. черт. 7.

Отчуждение земли под железную дорогу.

На станциях и раз'ездах отчуждение земли должно быть произведено с запасом на случай расширения таковых в будущем, соответственно наибольшей пропускной способности железной дороги. Что же касается ширины железнодорожной полосы на перегонах между станциями, то таковое отчуждение должно быть сделано в размере, соответствующем земляному

полотну в два пути, с прилегающими к нему кавальерами, защитными валами, резервами и канавами и притом с таким расчетом, чтобы от крайних ребер внешних канав, резервов, кавальеров и защитных валов оставался еще с внешней стороны запас не менее 2-х саженей. Во всяком случае, железнодорожная полоса отчуждения по своей ширине нигде не может быть менее 20 саженей за исключением лишь городов, населенных мест и вообще местностей со значительной ценностью земель, где одна или обе границы могут быть приближены до 6 саженей к оси двойного пути.

В случае же, когда упомянутых затруднений не встречается и минимальная ширина полосы отчуждения устанавливается в 20 саженей, то, считая от оси строящегося пути принимается: в одну сторону, где намечается в будущем укладка второго пути — 11 саженей, а в противоположную сторону — 9 саженей.

Нормальные поперечные профили железнодорожного полотна.

Все упомянутые выше требования технических условий на постройку железных дорог графически изображены на особом чертеже (приложение IV), где помещены отдельно — профиль насыпи, и отдельно — профиль выемки. Такие поперечные профили носят названия нормальных поперечных профилей железнодорожного полотна.

Расчет земляных работ.

Расчет земляных работ заключается в определении количества единиц работ, заключающихся в данном сооружении.

За единицу земляных работ принимается одна кубическая сажень и, следовательно, расчет количества земляных работ состоит в определении объемов земли в рассматриваемом сооружении, а так как подобным сооружением в данном случае является железнодорожное полотно, то расчет земляных работ в нем заключается в исчислении объемов насыпей и выемок.

На практике очень часто при исчислении количества земляных работ пользуются упрощенной приближительной формулой следующего вида:

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} \times l \dots \dots \dots (1)$$

где P_1 и P_2 — полные площади двух смежных профилей, а l — расстояние между ними.

Однако, получаемый по этой формуле объем не совсем точен, и потому им пользуются, обыкновенно, лишь при подсчете земляных работ для различного рода канав, защитных валов, кавальеров и резервов и прочих сооружений второстепенного значения.

Что же касается самого железнодорожного полотна, то исчисление земляных работ для него производится по другим, более точным формулам, составленным различными авторами.

Наиболее употребительными из них являются формулы: Мурзо — для случая, когда земляная поверхность не имеет поперечного склона и Винклер — для случая земляной поверхности на местности с поперечным уклоном.

К выводу упомянутых формул и переходим в последующем.

1. Случай земляной поверхности без поперечного склона.

Другими словами, здесь разбирается "случай, когда земляная поверхность горизонтальна и поперечный профиль полотна представляет вид трапеции.

Пусть (см. чер. 8) имеется земляное тело, заключенное между двумя смежными профилями $ABCD$ и $A_1B_1C_1D_1$. Разобьем объем указанного земляного тела на составные геометрические части проведением через линию A_1D_1 плоскости aA_1D_1 с параллельно верхним ребрам полотна и через линии aA_1 и cD_1 вертикальные плоскости abA_1 и cdD_1 .

Путем произведенного расчленения получают:

- 1) прямая призма с основанием $aBCc$;
- 2) две трехгранных пирамиды A_1Aab и D_1cdD ;
- 3) клин $abcdD_1A_1$.

После этого посередине между плоскостями $ABCD$ и $A_1B_1C_1D_1$ и параллельно им проведем плоскость $A_2B_2C_2D_2$, которая разделит все тело на две части; эти части в свою очередь разобьем на составные элементы, как показано на чертеже 8.

Обозначим площади $ABCD$ через P_1 ,

$$A_1B_1C_1D_1 = P_2, \quad A_2B_2C_2D_2 = P_0, \quad Aab = \varphi_1, \quad cdD = \varphi_2, \\ Aa_1b_1 = A_2a_2b_2 = \varphi_3, \quad Dc_1d_1 = D_2c_2d_2 = \varphi_4 \quad \text{и} \quad BB_1 = L.$$

тогда получим следующие уравнения:

Для целого объема.

$$V = P_2 \cdot L + \frac{P_1 + P_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)}{2} \cdot L + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{3} \cdot L$$

или иначе:

$$V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{6} \right) \times L \dots \dots \dots (2).$$

Для объемов же частей всего тела имеем:

$$V_2 = \left(\frac{P_1 + P_0}{2} - \frac{\varphi_3 + \varphi_4}{6} \right) \times \frac{1}{2} L \dots \dots \dots (3).$$

$$V_3 = \left(\frac{P_0 + P_2}{2} - \frac{\varphi_3 + \varphi_4}{6} \right) \times \frac{1}{2} L \dots \dots \dots (4).$$

Сложив уравнения (3) и (4), подставив вместо φ_3 и φ_4 — равные им значения $\frac{\varphi_1}{4}$ и $\frac{\varphi_2}{4}$ и вычтя из этой суммы уравнение (2), получим.

$$2 \cdot (V_2 + V_3) - V = V = \left(P_0 + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{12} \right) \cdot L \dots \dots (5).$$

В том случае, когда земляная поверхность не имеет поперечного склона, $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$ и выражение (5) принимает вид.

$$V = (P_0 + \varphi/6) \cdot L \dots \dots \dots (6).$$

Если теперь откос имеет n -ое значение (т. е. на единицу высоты склона приходится n единиц основания), то площадь $\varphi = Ab = Dcd = \frac{ab}{12} \times Ab = \frac{H-h}{2} \cdot n \cdot (H-h) = \frac{n}{2} (H-h)^2$, где H и h высоты трапеций $ABCD$ и $A_1B_1C_1D_1$, или так называемые — красные отметки.

Подставив в выражение (6) только что полученное значение для φ , имеем

$$V = \left(P_0 + \frac{n \cdot (H-h)^2}{12} \right) \cdot L \dots \dots \dots (7).$$

при чем выражение вида: $\frac{n}{12} \cdot (H-h)^2$ — носит название поправки при n -ом откосе.

Если откосы приняты полуторные, как это и имеет место в нормальных поперечных профилях, т. е. если $n = 1\frac{1}{2}$, то выражение (7) примет вид:

$$V = \left(P_0 + \frac{(H-h)^2}{8} \right) \cdot L \dots \dots \dots (8).$$

где:

P_0 — площадь поперечного профиля при средней красной отметке;

$$h_0 = \frac{H+h}{2}$$

H и h — красные отметки полотна в крайних точках рассматриваемого участка его.

L — расстояние между вышеупомянутыми точками.

В целях облегчения подсчета земляных работ обыкновенно составляются особые таблицы, так, например, имеются таблицы Мурзо, Яцына и прочих авторов.

Для возможности пользования формулою (8) составлены для нормальных профилей с полуторными откосами сокращенные таблицы, кои и приложены в конце настоящего руководства.

Эти таблицы заключают в себе:

1) Величины площадей P_0 поперечных профилей насыпей (черт. 9) и выемок (черт. 10) при различных значениях $h_0 = \frac{H+h}{2}$ — от 0 до 100 саженей.

2) Величины поправок $\frac{(H-h)^2}{8}$ при различных значениях $(H-h)$ от 0 до 5 саженей.

Пользование указанными таблицами станет вполне понятным после рассмотрения приведенного в таблице № 4 образца бланка для подсчета земляных работ и помещенного в нем примерного расчета.

Графы 1, 2, 3 и 4 таблицы № 4 выписываются непосредственно с продольного профиля полотна.

Графы 5 и 6 получаются путем выполнения ряда арифметических действий с величинами красных отметок из графы 4.

Графы 7 и 8 заполняются при помощи таблиц. Именно по значению

$$\frac{H+h}{2} = 1,335$$

ТАБЛИЦА № 4.

образец бланка для расчета земляных работ и примерный расчет.

Версты.	№ пикетов.	+	H	$\frac{H+h}{2}$	H-h	Площади профилей при средней отметке (P_0).		$\frac{(H-h)^2}{8}$	Расчетные площади $\frac{(H-h)^2}{8}$		Расстояние между профилями.	Объемы.			
						Насыпи.	Выемки.		$P_0 + \frac{(H-h)^2}{8}$			Частные.		Целые.	
									Насыпи.	Выемки.		Насыпи.	Выемки.	Насыпи.	Выемки.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
27	274	—	1.75	1.335	0,83	6,222	—	0,086	6,308	—	10	63,08	—	—	—
		10	0,92	0,460	0,92	1,591	—	0,106	1,697	—	10,80	18,33	—	81,41	—
		20,8	0,00	0,520	1,04	—	3,013	0,135	—	3,148	12,20	—	38,41	—	—
		33	-1,04	2,100	2,12	—	16,332	0,562	—	16,894	17	—	287,20	—	325,61
	275	—	-3,16												

На странице 2 таблиц для насыпей по верхней горизонтальной строке находим значение для $\frac{H+h}{2}$, начинающееся с единицы целых (2-й вертикальный столбец). Далее по крайнему с левой стороны вертикальному

столбцу находим значение дроби для $\frac{H+h}{2}$ (т. е. 0,335) — (28-я горизонтальная строка сверху). Упомянутые: 2-й вертикальный столбец и 28-я горизонтальная строка сходятся на значении дроби 222. Целое число при ней будет 6. Стало быть площадь профиля насыпи при средней отметке 1,335 будет = 6.222.

Далее для значения средней отметки = 0,460 аналогичным путем на странице 3 для насыпей находим в графе встречающихся: 1 вертикального столбца с 13-ю горизонтальной строкою значение площади насыпи = 1,591.

Точно таким же образом, но только уже для выемок находим: на странице 8 для средней красной отметки—0,52, площадь выемки—3,013 и на странице 6 для средней красной отметки 2.10, площадь выемки = 16,332.

Графа 9 заполняется с помощью таблиц поправок на стр. 11 и 12 по значениям $(H-h)$ из графы 6; этими таблицами пользуются также, как и таблицами для исчисления площадей, т. е. по значениям $(H-h)$, целая часть коих помещена в верхней горизонтальной строке, а дробная часть в крайнем с левой стороны вертикальном столбце, находим в графе их взаимного пересечения соответственное значение поправки $\frac{(H-h)^2}{8}$.

Заполнение последующих граф понятно уже само по себе и потому не требует особых пояснений.

В заключение здесь необходимо еще упомянуть о способе определения положения нулевой точки продольного профиля железнодорожного полотна относительно смежного с нею пикета в тех случаях, когда по условиям проектирования продольного профиля эта нулевая точка приходится в промежутке между пикетами.

Как можно усмотреть это из черт. 12, положение нулевой точки определится из нижеследующего соотношения сторон 2-х подобных треугольников: abO и dcO :

$$\frac{50-x}{x} = \frac{0,75}{0,32} \text{ откуда } x = 14,95.$$

Разобранными выше таблицами можно пользоваться без ощутительной погрешности лишь при условии, если общий уклон местности в пределах рассматриваемых поперечных профилей не превышает 1/10.

В противном случае возможность пользования при подсчете земляных работ упомянутыми таблицами сопряжена с необходимостью предварительного геометрического перестроения каждого такого профиля с поперечным уклоном в соответственно равносильный профиль, но уже без означенного поперечного уклона.

Пусть (черт. 11) имеется профиль насыпи ABCD, расположенной на местности с поперечным уклоном AD, превышающим предел в 1/10. Проводим через точку O горизонтальную прямую OE и соединяем ее с точкою D прямою ED. Параллельно последней проводим прямую AF до встречи с продолжением направления откоса сD. Тогда, $\triangle EDA = \triangle EDF$, так как основание у них ED—общее, а вершины A и F лежат на прямой AF//ED.

Следовательно $\triangle ABCD = \triangle EBCF$, причем направление поверхности земли— AD здесь перемещено в положение EF , более близкое к горизонтальному.

При таких условиях красная отметка полотна насыпи сама также преобразуется и вместо PO будет иметь значение PO_1 .

Если после указанного перестроения профиля окажется, что приведенная линия EF все таки имеет уклон, превышающий допускаемый предел, то упомянутое геометрическое перестроение следует повторить, начиная его уже с точки O_1 .

II. Случай земляной поверхности с поперечным уклоном.

В случае наличия земляной поверхности произвольного очертания земляное тело, ограниченное двумя поперечными профилями, т. е. гранями верхнего треугольника полотна, плоскостями откосов и земляною поверхностью принимается за призматонд, и, следовательно, расчет объема такого земляного тела сводится к расчету объема призматоида.

Приступая поэтому к выводу формулы для объема подобного призматоида, следует указать здесь на то, что вообще призматондом называется геометрическое тело, ограниченное двумя параллельными плоскостями, называемыми его основаниями и представляющими многоугольники с произвольным числом сторон и рядом треугольников, образующих боковую поверхность призматоида, при чем последних треугольников будет столько, сколько сторон имеют в сумме оба основания. Пусть (черт. 13) рассматриваемый призматонд рассечен по середине его высоты L плоскостью, параллельною его основаниям. Тогда плоскость $MNBC$ будет средним сечением данного призматоида.

Если взять на этой плоскости произвольную точку A и соединить ее прямыми линиями с вершинами углов среднего сечения и с вершинами углов обоих оснований, то весь призматонд при этом разобьется на ряд пирамид. вершины коих все будут сходиться в точке A , и основаниями которых будут служить оба основания и все треугольники боковой поверхности призматоида.

Возьмем пирамиду $AEIFD$ и для определения (V) объема этой пирамиды разобьем ее, в свою очередь, на пирамиду $DABC$ с высотой, равную половине высоты (L) призматоида и усеченную призму $AEBFC$ со средним сечением AGH .

Объем пирамиды $DABC$ равен:

$$V_1 = \frac{1}{3} \triangle ABC \times \frac{L}{2} = \frac{1}{6} \triangle ABC \times L$$

Объем усеченной призмы $AEBFC$ будет:

$$\begin{aligned} V_2 &= \triangle AGH \times \frac{EF + BC + 0}{3} = \triangle AGH \times \frac{3 \times BC}{3} = \triangle AGH \times BC = \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot AH \cdot BC = \frac{L}{2} \times \triangle ABC. \end{aligned}$$

Отсюда об'ем пирамиды AEFD.

$$V = V_1 + V_2 = \frac{1}{6} \Delta ABC \cdot L + \frac{L}{2} \cdot \Delta ABC = \frac{2}{3} L \cdot \Delta ABC.$$

а об'ем всех пирамид, основаниями которых служат треугольнички боковой поверхности призматоида, равен:

$$V_0 = \Sigma \frac{2}{3} L \cdot \Delta ABC = \frac{2}{3} L \Sigma \Delta ABC = \frac{2}{3} L \cdot P_0$$

где P_0 — площадь среднего сечения призматоида.

Об'емы двух пирамид, основаниями которых служат основания призматоида, и высоты которых равны половине высоты призматоида, соответственно будут равны:

$$V_1 = \frac{1}{3} P_1 \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{6} \cdot P_1 \cdot L$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot P_2 \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{6} \cdot P_2 \cdot L$$

где P_1 и P_2 — площади оснований призматоида.

Тогда полный об'ем всего призматоида будет равен:

$$V = V_1 + V_2 + V_0 = \frac{1}{6} P_1 \cdot L + \frac{1}{6} \cdot P_2 \cdot L + \frac{2}{3} P_0 \cdot L = \frac{L}{6} \cdot (P_1 + P_2 + 4 P_0) \dots\dots\dots(9).$$

Применение такой формулы для расчета земляных работ, однако, неудобно вследствие того, что для каждого об'ема, заключенного между двумя смежными профилями, пришлось бы строить среднее сечение и вычислять его площадь; в силу сказанного на практике предпочитают предварительное приведение земляного тела к виду такого призматоида, который допускает более легкое определение площади среднего сечения.

Способ образования боковой поверхности призматоида, представляющего собою рассматриваемое земляное тело, может быть представлен в виде некоторого движения прямой, скользящей по периметрам оснований таким образом, что эта прямая все время остается параллельною некоторой определенной плоскости, характеризуемой, как плоскость параллелизма. В таком случае призматойд будет носить название параллельного призматоида.

Если теперь провести две плоскости MN и $M_1 N_1$ (см. чер. 14), параллельные плоскости параллелизма и касательные к одному из оснований призматоида, то эти плоскости, очевидно, будут касательными и к другому основанию и коснутся боковой поверхности призматоида по крайней мере по одной прямой линии каждая.

Рассечем далее рассматриваемый призматойд двумя плоскостями АВ и $A_1 B_1$, параллельными плоскости параллелизма и отстоящими одна от другой на бесконечно малое расстояние dc .

В таком случае эти плоскости выделяют на обоих основаниях P_1 и P_2 призматоида элементарные площадки ΔP_1 и ΔP_2 , и на среднем сечении

призматоида P_0 — такую же элементарную площадку ΔP_0 (заштрихованы на чертеже).

Упомянутые элементарные площадки ΔP_1 , ΔP_2 и ΔP_0 в пределе представляют собою трапеции с одинаковыми высотами, равными dx ; что же касается оснований этих трапеций ac и kf , a_0c_0 и k_0f_0 , cb и mn , то, принимая во внимание, что площади caa_0bacc_0 и $kfk_0mnn.f_0.f$ представляют собою, в свою очередь, также трапеции с срединными линиями a_0c_0 и k_0f_0 , имеем:

$$a_0c_0 = \frac{ac + bc}{2} \text{ и } k_0f_0 = \frac{kf + mn}{2}$$

(Суммируя полученные величины и разделив потом обе части равенства на 2 и помножив их затем на dx , имеем:

$$\begin{aligned} \frac{a_0c_0 + k_0f_0}{2} \cdot dx &= \left(\frac{ac + bc}{2} + \frac{kf + mn}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot dx = \\ &= \left(\frac{ac + kf}{2} + \frac{bc + mn}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot dx = \\ &= \left(\frac{ac + kf}{2} \cdot dx + \frac{bc + mn}{2} \cdot dx \right) \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$$

но:

$$\frac{a_0c_0 + k_0f_0}{2} \cdot dx = \Delta P_0$$

$$\frac{ac + kf}{2} \cdot dx = \Delta P_1$$

$$\frac{bc + mn}{2} \cdot dx = \Delta P_2$$

следовательно:

$$\Delta P_0 = \frac{\Delta P_1 + \Delta P_2}{2}$$

Распространяя полученный вывод на общую сумму подобных элементарных площадок в пределах двух оснований и среднего сечения призматоида, получим:

$$P_0 = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

т. е. что в параллельном призматоиде площадь среднего сечения равна полусумме площадей его основания.

Подставляя только что полученное выражение для P_0 в формулу (9) имеем:

$$\begin{aligned} V &= L/6 (P_1 + P_2 + 4P_0) + L/6 \left(P_1 + P_2 + \frac{4(P_1 + P_2)}{2} \right) = \\ &= \frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot L = P_0 \cdot L \dots \dots \dots (10). \end{aligned}$$

Таким образом мы пришли к тому выводу, что об'ем параллельного призматоида равен произведению полусуммы площадей его оснований на высоту, или что то же самое, произведению площади среднего сечения на высоту.

Пусть теперь требуется определить об'ем земляных работ насыпи железнодорожного полотна, заключенного между взаимно-параллельными и нормальными к продольной оси насыпи поперечными профилями ABCD и $A_1B_1C_1D_1$ (черт. 15) на местности с поперечным уклоном. Проведем затем через точки A_1 и D вертикальные плоскости A_1ab и Dc_1d_1 , параллельные продольной оси насыпи. Тогда рассматриваемое земляное тело насыпи разобьется на параллельный призматойд $A_1B_1C_1c_1d_1DCBab$, плоскостью параллелизма которого будет вертикальная плоскость, проходящая через продольную ось насыпи и, кроме того, еще на две треугольные пирамиды A_1Aab и $DD_1c_1d_1$.

Обозначим через:

- P_1 = площадь ABCD
- P_2 = площадь $A_1B_1C_1D_1$
- φ_1 = площадь AaB
- φ_2 = площадь $D_1c_1d_1$

и L расстояние между плоскостями ABCD и $A_1B_1C_1D_1$.

Тогда пользуясь выражением (10), где

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot L$$

и принимая во внимание, что об'ем пирамиды равен произведению ее основания на треть высоты, получим для об'ема рассматриваемого здесь земляного тела насыпи такое выражение:

$$V_1 = \frac{(P_1 - \varphi_1) + (P_2 - \varphi_2)}{2} \cdot L + \frac{\varphi_1 \cdot L}{3} + \frac{\varphi_2 \cdot L}{3} =$$

$$= \left(P_1 + P_2 - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{3} \right) \cdot L/2 \dots \dots \dots (11).$$

Эта формула носит название формулы Винклера, и для производства расчета земляных работ по ней пользуются обыкновенно специальными бланками, образец коего предложен на таблице № 5.

Прежде, чем перейти к непосредственному расчету земляных работ по вышеприведенной формуле Винклера, пользуясь бланком, подобным приведенному в таблице № 5, необходимо ознакомиться предварительно со способами определения площадей поперечных профилей и поправок.

В рассматриваемом случае будут разобраны лишь приемы графического определения этих площадей, как наименее сложные.

Пусть (черт. 16) мы имеем поперечный профиль насыпи АКЕД в общем его виде, т. е. когда земляная поверхность ограничена ломаной линией ABCD.

ТАБЛИЦА № 5.

Образец бланка для расчета земляных работ по формуле Вилклера по поперечным профилям на местности с поперечным уклоном.

$$V_1 = \left[P_1 + P_2 - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{3} \right] \cdot L/2$$

Версты.	№ пикетов.	+	№ поперечных профилей.	Площади поперечных профилей (P _l)		Суммы площадей (P _l + P _{l+1})		Поправки.			Расчетные площади.		1/2 расстояния между поперечными профилями L.	Объемы.					
				Насыпей.	Выемок.	Насыпей.	Выемок.	φ ₁	φ ₂	φ ₁ + φ ₂ 3	Насыпей.	Выемок.		Частные.		Целой.			
														Насыпей.	Выемок.	Насыпей.	Выемок.		

Соединяем точки А и С прямою АС; затем из точки В проводим прямую ВН // СА.

Тогда, очевидно, Δ НВА равновелик Δ НВС и потому площадь АКЕДСВА может быть заменена равновеликою ей площадью НКЕДСН.

Далее соединяем точки Н и D прямою HD, и проводим из точки С прямую CF // HD до пересечения направления откоса ED в точке F.

Тогда Δ НДС равновелик Δ HDF и промежуточная площадь НКЕДСН, в свою очередь, может, поэтому, быть заменена равновеликою ей площадью четырехугольника НКЕF.

Пусть (черт. 17) дан поперечный профиль выемки ABCD также в общем его виде, т. е. когда земляная поверхность ограничена ломаной линией AED.

Соединяя точки А и D прямой линией AD и из точки E проводим прямую EF // AD до пересечения направления откоса выемки АВ в точке F.

Тогда, очевидно, Δ EAD равновелик Δ FAD и площадь первоначального профиля ABCDEA равновелика приведенной площади четырехугольника FBСD.

Таким образом, мы видим, что всякий поперечный профиль насыпи или выемки с произвольным очертанием земляной поверхности в результате

геометрического перестроения может быть приведен к равновеликой ей площади четырехугольника.

Этот четырехугольник, путем дальнейшего перестроения, может быть преобразован в равновеликую ему трапецию с горизонтальным основанием, как об этом было изложено выше, и тогда расчет земляных работ будет возможно произвести уже при помощи приложенных таблиц.

Кроме этого способа есть еще иной способ.

Пусть (черт. 18) $DBAC$ —есть поперечный профиль насыпи в виде приведенного четырехугольника с направлением земляной поверхности DC .

Из точки B радиусом r описываем дугу окружности, к которой проводим из точки C касательную CK . Затем соединяем точки B и C прямою BC и из точек A и D проводим линии AF и $DE // BC$ до пересечения с продолжением упомянутой касательной CK в точках F и E .

Соединив эти точки F и E с точкою B прямыми BF и BE имеем:

$$\triangle ABC \text{ равновелик } \triangle FBC \text{ и } \triangle BCD \text{ равновелик } \triangle BCE,$$

$$\text{т. е. } \triangle ABC = \triangle FBC \\ \triangle BCD = \triangle BCE$$

складываем их:

$$\triangle ABC + \triangle BCD = \triangle FBC + \triangle BCE$$

или:

$$\square DBAC = \triangle BFE = \frac{1}{2} \times FE \times r.$$

Если принять $r = 2$;

$$\text{то } \square DBAC = \triangle BFE = FE,$$

т. е. искомая площадь поперечного профиля насыпи $DBAC$ содержит в себе столько квадратных единиц, сколько линейных единиц заключается в отрезке прямой FE .

Пусть (черт. 19) $ABCD$ есть поперечный профиль выемки в виде приведенного четырехугольника с направлением земляной поверхности AD .

Рассуждая аналогичным образом, находим:

$$\triangle ACB = \triangle ACE \\ \triangle ACD = \triangle ACF$$

складываем их:

$$\triangle ACB + \triangle ACD = \triangle ACE + \triangle ACF$$

$$\text{или } \square ABCD = \triangle FEC = \frac{1}{2} \times FE \times r.$$

если $r = 2$, то:

$$\square ABCD = \triangle FEC = FE,$$

т. е. искомая площадь поперечного профиля выемки содержит в себе столько квадратных единиц, сколько линейных единиц заключается в отрезке FE .

Пусть, наконец, (черт. 20) $DBGAC$ представляет собою поперечный профиль полунасыпи DBG и полувыемки GAC с направлением земляной поверхности DGC .

Тогда из точки B описываем радиусом r дугу окружности, в которой проводим из точки C касательную CK . Затем соединяем точки B и C

прямою BC и из точек G, A и D проводим прямые GF₁, AF и DE//BC до пересечения с упомянутой выше касательной CK в точках F₁, F и E, после чего эти три точки соединяем с точкою B прямыми: F₁B, FB и EB.

Часть профиля в насыпи, тогда, т. е. $\triangle DBG = \triangle BCD - \triangle BCG =$
 $= \triangle BCE - \triangle BCF_1 = \triangle F_1EB = \frac{1}{2} \times F_1E \times r$ или, если $r = 2$,

то:

$$\triangle DBG = F_1E.$$

Часть профиля в выемке, т. е.

$$\triangle GAC = \triangle BCA - \triangle BCG = \triangle BCF - \triangle BCF_1 = \triangle BF_1F =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot F_1F \cdot r, \text{ или если } r = 2,$$

то:

$$\triangle GAC = F_1F.$$

При всех разобранных выше случаях расчетов к площадям насыпей прибавляется постоянная величина площади верхнего треугольника, а к площадям выемок прибавляется площадь кюветов и вычитается площадь верхнего треугольника.

Что же касается поправок вида φ , входящих в формулу Винклера (II), то их площади исчисляются также графическим путем нижеследующим образом.

Пусть (черт. 21) имеются поперечные профили железнодорожного полотна за №№ 1, 2 и 3.

Тогда проведя вертикальные линии $a_1a_2^1$ и $d_2d_2^1$, получаем поправки для земляного тела $a_1b_1c_1d_1a_2b_2c_2d_2$ в виде треугольников $d_1d_1^0d_2^1 = \varphi_1$, и $a_2a_2^1a_2^0 = \varphi_2$. Точно также для земляного тела $a_2b_2c_2d_2a_3b_3c_3d_3$ поправки выразятся в виде треугольников: $a_2a_3^1a_2^1 = \varphi_3$, и $d_3d_3^1d_2^1 = \varphi_4$. Определение площадей этих треугольников по размерам, взятым непосредственно с чертежа, затруднений не представляет.

Имея площади поперечных профилей железнодорожного полотна, можно приступить к расчету объемов земляных работ.

Здесь могут встретиться следующие случаи разновидностей двух смежных поперечных профилей.

I. Оба профиля представляют или сплошные насыпи, или сплошные выемки.

II. Один профиль представляет насыпь, а другой выемку.

III. Оба профиля представляют полунасыпь, полувыемку.

IV. Один профиль представляет полунасыпь, — полувыемку, а другой или сплошную насыпь, или сплошную выемку.

Случай I. Оба профиля представляют или сплошные насыпи или сплошные выемки.

В данном случае расчет не представляет никаких затруднений. Преобразование поперечных профилей в четырехугольники производится, как показано на черт. 13 и 14, площади их исчисляются графически, согласно черт. 15 и 16 и исчисление площадей поправок выполняется графическим путем по черт. 18.

Случай II. Один профиль представляет насыпь, а другой выемку.

Очевидно, между этими поперечными профилями должен находиться некоторый промежуточный профиль, который, представляя собою в общем случае полунасыпь—полувыемку, будет иметь левую красную отметку по продольной оси полотна. Построение такого теоретического промежуточного поперечного профиля по двум данным крайним профилям называется интерполированием профилей.

Пусть (черт. 22) на расстоянии L друг от друга имеются два поперечных профиля: один № 1—профиль насыпи $ABKD$ с красной отметкою $O_1 a_1$, а другой № 2—профиль выемки $EFGH$ с красной отметкою $O_2 a_2$.

Требуется при помощи интерполирования построить такой промежуточный теоретический профиль, красная отметка которого равна нулю.

Предположим, что горизонтальные линии $P_1 R_1$, $P_0 R_0$ и $P_2 R_2$ —есть проекции соответствующих поперечных профилей $ABKD$, $A_0 B_0 O G_0 D_0$ и $EFGH$ в плане.

Для нахождения положения искомого теоретического промежуточного профиля № 0, откладываем на линиях $P_1 R_1$ и $P_2 R_2$ красные отметки осевых точек полотна, т. е. O_1 и O_2 , при чем отметки насыпей направляются в одну сторону, а отметки выемок—в другую.

Полученные таким образом точки a_1 и a_2 соединяем прямою $a_1 a_2$, которая в точке O —пересечения последней прямой с вертикальною $O_1 a_2$ и даст положение профиля № 0, который располагается от профилей № 1—в расстоянии l_1 , и № 2— l_2 , причем, очевидно, что $l_1 + l_2 = L$.

Повторяя указанные построения последовательно для всех точек перелома профилей насыпи и выемки, а также и земляной поверхности, в результате получим теоретический промежуточный профиль вида полунасыпи—полувыемки, а именно $A_0 B_0 O G_0 D_0$ с левею красною отметкою.

Вводя в расчет вновь полученный теоретический профиль № 0, мы тем самым случай II подводим под категорию случая IV, где один профиль, (т. е. № 0) представляет полунасыпь—полувыемку, а другой профиль или сплошную насыпь (т. е. № 1), или же сплошную выемку (т. е. № 2); этот же случай разобран особо в последующем порядке.

Очень часто, однако, учитывая то обстоятельство, что поперечные профили, по мере приближения их к точке перехода (т. е. 0), постепенно уменьшаются, принимают при неточных подсчетах, что вся площадь поперечного профиля в точке перехода (т. е. профиль № 0) равна нулю.

Тогда, если площади профилей: № 1 = P_1 , и № 2 = P_2 , объемы будут: для насыпи:

$$v_1 = \frac{P_1}{2} \cdot l_1.$$

и для выемки:

$$v_2 = \frac{P_2}{2} \cdot l_2.$$

Случай III. Оба профиля представляют полунасыпь—полувыемку.

Между такими поперечными профилями будут иметь место как насыпь, так и выемка, и потому расчет земляных работ здесь должен быть произ-

веден отдельно для насыпи и отдельно для выемки, причем поправки будут: для насыпи φ_1 и φ_2 и для выемки: φ_3 и φ_4 (черт. 23).

Случай IV. Один профиль представляет полунасыпь — полувыемку, а другой — или сплошную насыпь или сплошную выемку.

Пусть (черт. 24) один профиль (№ 1) — есть полунасыпь — полувыемка вида $ABOCD$, а другой профиль (№ 2) — насыпь $FGJK$.

Построим теоретический промежуточный профиль (№ 0), который заключал бы в себе только одну насыпь на полную ширину полотна. Для этого через крайнее ребро насыпи № 2, т. е. через точку J проводим линию $E_4E_1//xy$. На горизонтальных прямых P_1R_1 и P_2R_2 , представляющих собою план поперечных профилей № 1 и № 2, откладываем по разные стороны линии E_1E_4 — отметки выемки E_1E профиля № 1 и насыпи JE_4 профиля № 2. Очевидно, пересечение линий E_1E_4 и E_3E_2 в точке E_0 и даст положение искомого профиля № 0. Через точку E_0 проводим горизонтальную прямую E_0B_0 до пересечения с вертикальной линией BC . Полученная таким путем прямая E_0B_0 будет верхней гранью профиля № 0. Откос его в точке E_0 равен нулю, а в точке B_0 — направлен по линии $B_0A_0//BA$.

Профиль земляной поверхности здесь, как это можно усмотреть из геометрических построений, есть $A_0B_0E_0$ и вся площадь поперечного профиля № 0 примет вид $\triangle A_0B_0E_0$, расположенного в расстоянии l_1 — от профиля № 1 и l_2 — от профиля № 2.

Что касается выемки, занимающей часть профиля № 1 (OCD), то, так как ширина полотна здесь более ширины полотна на насыпи вследствие наличия кюветов, протяжение ее будет более расстояния: l_1 , и, как показывают геометрические построения, это расстояние есть $cc_0 = l_1'$.

Итак, полный объем земляного тела, заключенного между поперечными профилями № 1 и № 2 будет состоять: из насыпи в виде: 2-х призматондов: $ABO, A_0B_0E_0$ с поправками φ_1 и φ_2 и $A_0B_0E_0, FGJK$ с поправками φ_3 и φ_4 и из выемки в виде пирамиды, основание которой есть $\triangle OCD$, а высота — l_1' .

В заключение необходимо сказать здесь несколько слов о масштабе упомянутых выше геометрических построений. Так как размеры поперечных профилей, обыкновенно, бывают очень малы по сравнению с расстояниями между рассматриваемыми профилями, то в целях более наглядного и удобного вычерчивания принято поперечные профили изображать в одном масштабе, а расстояния между ними — в другом масштабе.

Вычисление объемов земляных работ на криволинейных участках железнодорожного полотна.

До сих пор, при вычислении объемов земляных работ предполагалось, что ось железнодорожного полотна между двумя смежными профилями — прямолинейна. Между тем, когда ось полотна имеет криволинейное очертание, выведенные ранее формулы становятся, строго говоря, уже не применимыми, так как здесь объем земляного полотна представляет собою тело вращения с переменной производящей площадью.

Если радиус кривизны оси сам по себе значителен, а расстояние между смежными профилями не велико, то объемы в этом случае могут быть определены по приемам и формулам, выведенным для прямолинейной оси. Наоборот, когда радиусы закруглений малы, а расстояние между профилями — значительно, является потребность в учете элемента криволинейности оси железнодорожного полотна.

В указанных случаях можно применять правило Гюльдена, в силу которого объем тела вращения равняется произведению из величины производящей площади на путь, описанный ее центром тяжести.

Если местность не имеет поперечного уклона, то в таком случае центры тяжести поперечных профилей всех сечений железнодорожного полотна будут находиться всегда на оси этого полотна, а потому формулы (7) где

$$v = \left(P_0 + \frac{n(n-h)^2}{12} \right) \cdot L$$

годна и для рассматриваемого случая, ибо выражение в скобках можно рассматривать, как постоянную среднюю площадь поперечного сечения тела вращения, равносильного объему по формуле (7), а расстояние L — считать равным дуге, описываемой центром тяжести поперечного профиля полотна между двумя его крайними положениями.

Если же налицо имеется поперечный уклон местности, то, очевидно, что центр тяжести поперечного профиля полотна уже не будет находиться на оси полотна и, вообще, в крайних профилях этот центр тяжести g (черт. 25) будет находиться на различных расстояниях (δ_I и δ_{II}) от оси полотна в ту или другую стороны от нее, в зависимости от того, как направлены уклоны местности на крайних поперечных профилях I и II.

Таким образом центр тяжести поперечных сечений будет здесь передвигаться уже в стороне от оси полотна OO , а именно по некоторой кривой O_1O_{II} .

В этом случае длину пути можно принять за дугу круга, описанного радиусом r , равным среднему арифметическому из радиусов: $(r \pm \delta_I)$ и $(r \pm \delta_{II})$ в крайних поперечных профилях, т. е. за дугу, радиус которой

$$r_0 = \frac{(r \pm \delta_I) + (r \pm \delta_{II})}{2} = r + \frac{(\delta_I \pm \delta_{II})}{2} = r + \Delta r,$$

$$\text{где } \Delta r = \frac{(\delta_I \pm \delta_{II})}{2}$$

Чтобы определить значение Δr , следует найти расстояния центров тяжести площадей поперечных профилей I и II от оси полотна и взять их полусумму.

Тогда объем земляного полотна получится из формулы (II)

$$V_1 = \left(P_1 + P_2 - \frac{q_1 + q_2}{3} \right) \times \frac{1}{2} L.$$

в следующем виде

$$V_1 = \left(P_1 + P_2 - \frac{q_1 + q_2}{3} \right) \times \frac{1}{2} \cdot (L \pm \Delta r).$$

Расчет данных для разбивки железнодорожных кривых (теория, таблицы и примеры).

Направление продольной оси железной дороги, обыкновенно, состоит из ряда прямых линий, наклоненных друг к другу под различными углами и сопряженных между собою кривыми, кои в рассматриваемом случае имеются в виду круговыми.

Обозначение точек таких кривых на земляной поверхности носит название разбивки кривых или закруглений и для производства такой разбивки на месте необходимо предварительно произвести расчет некоторых элементов.

Пусть (черт. 26) DB и EC — два смежных направления железнодорожной линии, пересекающихся в точке A, называемой еще углом поворота. Обе эти прямые сопряжены между собою круговую кривую радиуса R на протяжении BHC. Точки B и C, т. е. начало и конец кривой носят специальное, и не совсем правильное с точки зрения тригонометрии название тангенсов, а под величиною тангенсов разумеются прямые AB и AC.

Положение всякой круговой кривой будет вполне определено, если будут известны положения трех ее точек.

За таковые точки, обыкновенно, принимаются: начало (B), конец (C) и середина (H) кривой.

Для рассматриваемого случая, однако, зная значение радиуса R и угла поворота α , достаточно еще знать значение величин тангенса (T) и самой кривой (K), чтобы обладать всеми данными для разбивки кривых. Поэтому в соответствующем месте продольного профиля (см. образец) при обозначении кривой надписываются следующие элементы, ее характеризующие: R, α , T, K.

Значение α — определяется результатами геодезических изысканий.

Значение R — как вышеупомянутыми результатами изысканий, так и техническими условиями, заданными для данной дороги.

Что же касается значений T и K, то их определение ясно из нижеследующего (см. черт. 23).

$$T = AB = AC; R = BO$$

$$T = R \cdot \text{ctg } \alpha/2$$

или, если $R=1$

то: $T = \text{ctg } \alpha/2 \dots \dots \dots (1).$

Далее для определения значения K — длины кривой BHC имеем такое соотношение:

$$\frac{2\pi \cdot R}{360^{\circ}} = \frac{k}{(180^{\circ} - \alpha)} \quad \text{отсюда:}$$

$$k = \frac{\pi \cdot (180^{\circ} - \alpha) \cdot R}{180^{\circ}}$$

или, если $R = 1$:

$$k = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot (180^\circ - \alpha) \dots \dots \dots (2).$$

где значение угла поворота α — принимается в долях градусов.

Таким образом, как значения T , так и значения K — являются функциями угла α .

В целях облегчения вычислений значений элементов кривых составляются особые таблицы.

Помещенные в приложении таблицы относятся к категории сокращенных таблиц для определения при радиусе $R = 1$ значений величины лишь только тангенсов и кривых и притом для значений, наиболее употребительных углов поворота от 130° — до 180° через каждые 10 минут.

При пользовании этими таблицами могут встретиться два случая.

1 случай: Угол α — имеется в таблицах.

Пусть $R = 300$ сажений

Угол $\alpha = 153^\circ 40'$.

Эта величина угла α , имеется в таблице непосредственно и ей соответствуют:

$$T_{(R=1)} = 0,233934 \text{ и } k_{(R=1)} = 0,459603.$$

чтобы привести полученные из таблиц значения для T и K к заданному радиусу, надо их умножить на 300 и тогда

$$T_{(R=300)} = 70,18 \text{ и } K_{(R=300)} = 137,88$$

2 случай: Угол α — не имеется в таблицах.

Пусть $R = 500$ сажений

Угол $\alpha = 162^\circ 37'$.

Так как заданного значения угла α в таблицах не имеется, то выписываем ближайшие меньшие и большие значения для T и K .

Именно:	α	T	K
	$162^\circ 30'$	0,153915	0,305433
	$162^\circ 40'$	0,152426	0,302524
разница	$10'$	0,001489	0,002909

Определение значения T :

$$\left. \begin{array}{l} 10' - 0,001489 \\ 7' - X \end{array} \right\} X = \frac{0,001489 \times 7}{10} = 0,001042$$

следовательно:

$$T_{(R=1)} = 0,153915 - 0,001042 = 0,152873$$

$$T_{(R=500)} = 76,44.$$

Определение значения К:

$$\frac{10' - 0,002909}{7' - y} \quad \left| \quad y = \frac{0,002909 \times 7}{10} = 0,002036$$

следовательно:

$$K_{(R=1)} = 0,305433 - 0,002036 = 0,303397$$

$$K_{(R=500)} = 151,70.$$

Порядок и способ выполнения упражнений по земляным работам (пример).

Для выполнения упражнений по земляным работам выдается вырезка продольного профиля на протяжении 5-ти верст с земляными отметками и пикетажем. На этой же вырезке указываются начало кривой и заданные значения: радиуса и угла поворота.

Упомянутые данные в рассматриваемом случае заменяют собою те данные, кои в действительности черпаются из заполненных результатами полевых работ на месте пикетажных книжек и нивелировочных журналов.

Кроме того, в целях большего разнообразия в заданиях для упражнений, в последних помечаются еще номера технических условий.

Эти технические условия вообще должны удовлетворять общим техническим условиям, изложенным в настоящем руководстве, но, в частности, они отличаются друг от друга величинами предельных значений подъемов и радиусов кривых, а также и минимальных длин станционных площадок.

Для упражнений таких номеров технических условий намечено всего четыре, как это видно из нижепомещаемой таблицы № 6.

Т А Б Л И Ц А № 6.

№м технических условий.	Минимальная длина станционной площадки в саженьях.	Предельный под'ем.	Предельный радиус кривой.
1	500	0,006	500
2	450	0,008	300
3	400	0,010	300
4	350	0,012	250

Руководствуясь всеми этими данными, необходимо прежде всего вычертить на клетчатой бумаге продольный профиль земляной поверхности по оси проектируемого железнодорожного полотна, в установленных и тут же вычерченных масштабах, а именно, для горизонтальных расстояний в 0,01 сажени=100,00 сажень и для вертикальных в 0,01 сажени=10,00 сажень.

После этого, по заданным значениям: угла поворота $\alpha = 153^{\circ}19'$ и радиуса $R = 300$ саженей надо рассчитать по таблицам элементы кривой: величину тангенса (Т) и длину кривой (К), и нанести ее на плане железнодорожной линии внизу продольного профиля с указанием отстояний начала и конца кривой от соседних пикетов и определением длин прямых частей профиля в пределах заданного протяжения его. Нанесенные таким образом на чертеже результаты изысканий следует закрепить обводкою тушью, ибо при пробных нанесенных карандашом проектной линии полотна, придется потом стирать ее и желательно поэтому оставлять при этом нетронутыми те части профиля, кои при проектировании изменениям не подлежат.

Далее необходимо выяснить расположение в будущем полотне дороги искусственных сооружений для пропуска воды: проточной, дождевой и талой.

Каждое искусственное сооружение обслуживает собою определенный бассейн, элементарный или совмещенный.

Такие элементарные бассейны будут отделены друг от друга наиболее повышенными точками перелома продольного профиля. В рассматриваемом случае будут иметь место, как это можно вывести из рассмотрения таблицы № 7, 13 элементарных бассейнов, кои, в свою очередь, приводятся к трем совмещенным бассейнам: 1) состоящий из элементарных бассейнов за №№ 1, 2, 3 и 4.

2) состоящий из элементарных бассейнов за №№ 5, 6, 7, 8.

3) состоящий из элементарных бассейнов за №№ 9, 10, 11, 12, 13.

Как показывает та же таблица № 7, искусственные сооружения в этих трех совмещенных бассейнах разместятся в наиболее пониженных точках, каковыми будут точки:

1) на 351 в. \div 1 п.	отметка — 35,79
2) „ 352 в. \div 8 п.	„ — 33,63
3) „ 354 в. \div 7 п. \div 18 с.	„ — 31,68

В первом бассейне укладываем чугунную трубу, диаметром 0,50 саж.

Согласно таблицы № 2, наименьшая красная отметка полотна насыпи здесь должна быть 0,79; следовательно, наименьшая отметка проектируемого полотна на месте расположения этой трубы на 351 в. \div 1 п. должна иметь $(35,79 + 0,79) = 36,58$.

Во втором бассейне намечаем открытый железный мостик отверстием 1 сажень. Для него красная отметка насыпи по таблице № 3 должна быть не менее 1,08 сажени, т. е. наименьшая отметка проектируемого полотна на 352 в. \div 8 п., где расположен упомянутый мостик, должна иметь $(33,63 + 1,08) = 34,71$.

Наконец, в третьем бассейне закладываем железный мост отверстием 5 саж., для чего красная отметка насыпи здесь по таблице № 3 должна быть не менее 1,91 сажени, т. е. наименьшая отметка проектируемого полотна на 354 в. \div 7 п. \div 18 с. должна быть $(31,68 + 1,91) = 33,59$.

Теперь надлежит выбрать место для станционной площадки, каковая, ввиду того, что рассматриваемое задание отнесено к техническим условиям № 2; должна иметь длину в 450 саженей.

ТАБЛИЦА № 7.

№ № элементарных бассейнов.	Границы элементарных бассейнов.	Наиболее пониженные точки элементарных бассейнов.		Границы совмещенных бассейнов.	Наиболее пониженные точки совмещенных бассейнов.	
		Положение на плане.	Отметки.		Положение на плане.	Отметки.
1	350 в. 350 в.+6 п.	350 в.+4 п.	36.38	(350 в.)—(351 в.+6 п.)	351 в.+1 п.	35.79
2	350 в.+6 п. 350 в.+9 п.+25 с.	350 в.+9 п.	36.16			
3	350 в.+9 п.+25 с. 351 в.+4 п.	351 в.+1 п.	35.79			
4	351 в.+4 п. 351 в.+6 п.	351 в.+5 п.	36.66			
5	351 в.+6 п. 351 в.+9 п.	351 в.+8 п.	35.17	(351 в.+6 п.)—(353 в.+6 п.+35 с.)	352 в.+8 п.	33.63
6	351 в.+9 п. 352 в.+1 п.	352 в.	35.25			
7	352 в.+1 п. 353 в.+2 п.+29 с.	352 в.+8 п.	33.63			
8	353 в.+2 п.+29 с. 353 в.+6 п.+35 с.	353 в.+4 п.	34.96			
9	353 в.+6 п.+35 с. 353 в.+9 п.	353 в.+7 п.+6 с.	35.78	(353 в.+6 п.+35 с.)—(355 в.)	354 в.+7 п.+18 с	31.68
10	353 в.+9 п. 354 в.+38 с.	353 в.+9 п.+35 с.	34.96			
11	354 в.+38 с. 354 в.+3 п.+38 с.	354 в.+1 п.+38 с.	33.94			
12	354 в.+3 п.+38 с. 354 в.+5 п.+44 с.	354 в.+4 п.+43 с.	33.88			
13	354 в.+5 п.+44 с. 355 в.	354 в.+7 п.+18 с.	31.68			

Наиболее подходящим в отношении минимального количества земляных работ местом для станции является участок продольного профиля между 350 в. и 350 в.+9 п., где есть возможность расположить станционную площадку почти на нуле. при отметке полотна на ней — 36,58. Выбранное для станции место отмечаем на профиле особыми условными знаками, поставленными в начале и конце ее, при чем посредине этой площадки вычерчивается условный знак, обозначающий ось станции с указанием при нем отстояния этой оси от ближайшего пивета.

Далее можно уже приступить к проектировке продольного профиля главного пути на перегоне, учитывая выбранную высказанным путем

станционную отметку, а также принимая во внимание те наимисшие отметки, кои должны быть соблюдены в местах расположения искусственных сооружений.

Дать какие либо общие указания для указанной выше цели—совершенно не представляется возможным. Все тут зависит от профессионального чутья и навыка составителя проекта. Поэтому здесь приходится доискиваться правильного решения заданного вопроса путем ряда пробных подсчетов и выбора из последних наиболее совершенного. Очень важно при этом не упустить из виду необходимости самого строгого соблюдения технических условий, ибо всякое от них отступление возможно лишь только при наличии серьезных к тому поводов так называемого непреодолимого характера.

Закончив таким путем проектировку продольного профиля полотна со вторичной проверкою всех отметок его, надо определить положения нулей этого профиля и вычислить теоретически отметки земли там, где находятся точки перелома продольного профиля.

Полевая точка на 352 версте между пикетами 3 и 4.

$$\text{По чертежу 27а.} \quad \frac{x}{50-x} = \frac{0,07}{0,53}$$

$$\text{отсюда:} \quad x=5,83.$$

Отметка полевой точки получается из черт. 27б. из такого соотношения отметок земляного профиля:

$$\frac{y}{0,40} = \frac{5,83}{50,00}$$

$$\text{отсюда:} \quad y=0,047 \approx 0,05$$

$$\text{и отметка нуля} = 36,31 + 0,05 = 36,36.$$

Действительно, проделывая тот-же подсчет на профиле полотна, имеем: из чертежа 27 в.;

$$\frac{y_0}{0.20} = \frac{44,17}{50.00} \text{ или } y_0 = 0,177 \approx 0,18.$$

т. е. отметка нуля: $36.18 + 0,18 = 36.36$ — что и дает тот же самый результат.

Полученную отметку надписываем на профиле, а отстояние нуля от ближайших пикетов—помещаем в средней горизонтальной строке.

Точно таким же путем находим отстояния и отметки нулей: на 352 в. между пикетами 6 и 7, на 355 в. между пикетами 1 и 2, на той же версте между пикетами 6 и 7 и 8 и 9. Остальные нули могут быть приняты практически совпадающими с ближайшими пикетами или плюсами.

Аналогичным путем определяем также отметки земли в точках перелома продольного профиля: на 351 вер. между пикетами 6 и 7, на 353 в. между пикетами 7 и 8 и также 8 и 9, и на 354 вер. между пикетами 7 и 8 и таким образом получаем возможность найти требуемые красные отметки над точками перелома продольного профиля полотна.

Таким образом, выполнение продольного профиля может считаться законченным и остается лишь только снабдить его соответствующими масштабами.

Следующей задачей является расчет земляных работ на заданной версте в предположении, что земная поверхность по оси полотна поперечного уклона не имеет. Этот расчет выполняется по таблицам (приложение I) и приложен отдельно (приложение III) для части продольного профиля от 352 вер. + 5 п. и до 353 вер. + 5 п.

Как усматривается из этого расчета, объем насыпи превышает таковой же объем выемки на 467,848 куб. саж. Это обстоятельство указывает на то, что в рассматриваемом случае должен быть заложен резерв.

Приступаем далее к проектированию продольного профиля дна нагорной канавы и упомянутого выше резерва. Для этого сначала вычерчивается в масштаб: горизонтальный $0,01с = 50.00$ саженей и вертикальный $0,01 = 5.00$ сажен. продольный профиль земли заданной версты, причем условно принимается, что продольный профиль земли как по оси самого полотна, так и по оси нагорной канавы—тот же самый. На этот профиль наносится красным линия продольного профиля, которая сразу же дает наглядное представление о расграничении земляных работ по выкопке выемки и отсыпке насыпи. Так как нагорная канава является непременно составною частью поперечного профиля каждой выемки, то, следовательно, и протяжение нагорной канавы будет соответствовать протяжению выемки с добавлением лишь только того протяжения, которое необходимо для вывода нагорной канавы с конечной точки выемки до того места, где дно нагорной канавы выклинивается на земную поверхность. Проектировку нагорной канавы надлежит начинать с наиболее повышенной точки. Таковой в рассматриваемом случае является отметка пикета № 5. Следовательно, нагорная канава здесь будет иметь односторонний склон по направлению к искусственному сооружению на 8 пикете. Продольный профиль дна нагорной канавы, так же как и продольный профиль полотна создается путем ряда пробных проектировок и последующего выбора из них наиболее совершенного.

В данном случае, например, создается потребность в устройстве одного перепада глубиною $0,15$ саж. на 2 п. + 29 с., причем нагорная канава, доведенная до нуля на 2 пикете, при глубине $0,40$ с. далее тянется на протяжении 44 саженей уклоном $0,0055$, пока не выклинится наружу на 1 п. + 6 с.

Как видно из расчета в приложении III, объем нагорной канавы составляет $133,895$ куб. саженей. Далее из того же расчета усматривается, что защитный вал, который должен иметь протяжение, равное протяжению выемки (150 саж.) + протяжение от нуля до отметки насыпи в $0,35$ с., равное 24 саж., а всего 174 сажени, имеет в себе $212,280$ куб. саженей. Последующие соображения, приведенные в расчете приложения III, показывают, что с одной стороны для насыпи надо взять из резерва $546,233$ куб. сажени, а с другой стороны оставшаяся свободной от выемки земля в количестве $496,794$ куб. сажени пойдет на образование части насыпи примерно от 0 до 8 п. + 42 сажени.

Другими словами, в целях избежания излишнего удлинения пути по перевозке земли, резерв следует заложить где-то между пикетами 8 + 42 с. и 5, что и исполнено на продольном профиле дна нагорной канавы и резерва, где протяжение резерва определилось в 100 сажени. Путем ряда пробных выкладок приходим к тому выводу, что ширина резерва по низу должна быть равна 7,50 сажени. Действительно, как показывает расчет приложения III, объем резерва = 536,225 куб. сажени; но, как известно, земля, вынутая из резерва определенного объема, не укладывается уже в насыпь того же объема, и образование некоторого излишка при этом объясняется возникновением здесь процесса взрыхления, обыкновенно, исчисляемого для разного рода грунтов от 20% до 100%. Примем в данном случае 20%. Тогда объем земли, взятой из резерва в обмере насыпи даст 546,950 куб. саж., а требуется 546,233, что почти одно и то же.

Если бы случилось, что весь излишек земли из выемки пошел на образование насыпи с противоположной (правой) стороны рассматриваемой выемки, то для образования насыпи с левой стороны этой выемки резерв пришлось бы заложить сейчас же за нулем и тогда продольный профиль дна резерва должен был бы служить продолжением такового-же профиля дна нагорной канавы.

После этого приступают к вычерчиванию плана распределения составных элементов земляных работ на данной версте, для чего предварительно необходимо вычертить нормальные поперечные профили насыпи и выемки в масштабе 0,01 с. = 2,00 с. и затем, руководствуясь последними, а равно и ранее полученными данными, можно составить и упомянутый план. При этом следует иметь лишь в виду то, что ось защитного вала должна быть параллельна оси полотна, ибо всякие изгибы в начертании защитного вала в плане создают крайне неблагоприятные условия работы последнего.

Как учитывается подобного рода обстоятельство, достаточно наглядно иллюстрируется способом начертания защитного вала на рассматриваемом плане.

В заключение, составление упомянутого плана заканчивается нанесением на него границы отчуждения. При этом не следует забывать, что сама по себе полоса отчуждения неопределенного протяжения при достаточно узкой ширине, прорезывая владения частных лиц и учреждений, в большинстве случаев тем самым обобществляет их в значительной степени. Поэтому необходимо самой границе отчуждения придавать по возможности сглаженный вид, что достигается, когда при ее начертании принимают во внимание лишь особо выдающиеся точки крайних земляных сооружений, отмеривают от них положенных 2 сажени, и затем проводят уже и самую границу отчуждения, как это и применено на данном плане*).

Этот план вычерчивается в масштабах: горизонтальный: 0,01 с. = 50,00 с. и вертикальный: 0,01 с. = 10,00 сажени. Заключительной задачей упражнения является подсчет количества земляных работ для той-же самой версты железнодорожного полотна, но в предположении местности с поперечным уклоном. Этот

*) Особенно осторожно следует намечать пределы отчуждения там, где к ней подвоятся устья канав и прочих водостоков. Возможные при этом впоследствии размывания и заливания чужих земельных владений надлежит предупреждать заблаговременно путем прирезки к отчуждаемым землям соответствующих участков.

подсчет сопровождается составлением графического расчета площадей поперечных сечений насыпей и выемок, для чего вычерчиваются в масштабе 0,01 с = 1.00 саж. — нормальные поперечные профили насыпей и выемок по тем же красным отметкам, кои фигурировали уже в расчете земляных работ по таблицам на местности без поперечного уклона. Что же касается очертания земляной поверхности в упомянутых профилях, то это предоставляется усмотрению исполнителя упражнения.

Требуемый графический расчет площадей поперечных сечений насыпей и выемок производится согласно тому, как это изображено на образце. Особые пояснения здесь требуются лишь при построении теоретических промежуточных профилей. В рассматриваемом частном примере полевая красная отметка совершенно случайно совпала со 2-м пикетом (профиль № 14). Вообще же, где этого нет, такой теоретический профиль следует построить графическим путем. В данном случае имеются два теоретических профиля № 13 и № 15; рассмотрим подробнее способ определения как положения самого профиля № 13 (L_1), так и высоты (L_2) пирамиды выемки между профилями № 14 и № 13.

Обыкновенно, в подобных случаях в целях большего удобства поперечные профили вычерчиваются в произвольных расстояниях друг от друга без всякого масштаба. После этого расстояния L , L_1 и L_2 , полученные между профилями № 12 и № 14, измеряют по масштабу самых профилей.

В данном случае по образцу будет: $L = 5,42$; $L_1 = 4,21$ и $L_2 = 2,00$. Но, в действительности нам известно, что расстояние L фактически = 44.00 сажени. Тогда ясно, что из соотношения: $\frac{5.42}{4.21} = \frac{44.00}{L_1}$, мы найдем действительное значение $L_1 = 34,18$, а из соотношения: $\frac{5.42}{2.00} =$

$\frac{44.00}{L_2}$ определится действительное значение $L_2 = 16,24$.

Совершенно таким же образом находим аналогичные значения расстояний L , L_1 и L_2 , имеющие место между профилями № 14 и № 16. По масштабу профилей: $L = 6,10$, $L_1 = 2,45$ и $L_2 = 1,42$.

Из соотношений: $\frac{6.10}{2.45} = \frac{29}{L_1}$ и $\frac{6.10}{1.42} = \frac{29}{L_2}$

получаются действительные значения:

$$L_1 = 11,65 \text{ и } L_2 = 6,76.$$

По определении площадей поперечных сечений насыпей и выемок, приведенных предварительно к виду простейших геометрических фигур: треугольника или трапеции, а также и площадей поправок типа φ , выполняется расчет земляных работ, образец бланка для коего помещен в таблице № 5.

Прежде чем заполнять графы 5 и 6 означенного бланка, необходимо ко всем площадям (ω) поперечных сечений насыпей, показанным на образце, прибавить площадь треугольника = $\frac{2,60 \times 0,06}{2} = 0,078$, а к площа-

дям (ω) поперечных сечений выемок, также показанным на образце, прибавить площади кюветов $= \frac{0,20 + 0,95}{2} \times 0,30 \times 2 = 0,345$ и отнять площадь треугольника $= 0,078$.

Далее в графе 14 того же бланка, между пикетами 13 и 14, а также и между пикетами 14 и 15 значения расстояний показаны в виде дробей, а именно: $\frac{4,91}{5,41}$ означает, что 4,91—есть $\frac{1}{2}$ расстояния между профилями № 13 и 14, а 5,41—есть $\frac{1}{3}$ высоты пирамиды при площади основания $= 0,47 = 0,34 + 0,172 = \frac{0,078}{2}$.

Точно также $\frac{5,83}{2,25}$ означает, что 5,83—есть $\frac{1}{2}$ расстояния между профилями №№ 14 и 15, а 2,25—есть $\frac{1}{3}$ высоты пирамиды при площади основания $= 0,22 = 0,18 + \frac{0,078}{2}$.

По производе полнаго подсчета выясняется, что насыпи получается 1077,970 куб. саж., и выемки $= 564,100$ куб. саж.

Если сравнить полученные результаты с результатами подсчета земляных работ по таблицам, то оказывается, что, пренебрегая поперечным уклоном местности в рассматриваемом случае, мы получаем разницу в объемах насыпи в размере $3\frac{1}{3}\%$, и выемки— в размере 2% .

В заключение исполненная работа должна быть снабжена соответствующими надписями, указанием номера технических условий, масштабами и подписью (имя, фамилия и год приема) исполнителя упражнения.

Инженер п. с. В. К. Дмоховский.

ПРИЛОЖЕНИЯ:

- I — Таблицы для расчета земляных работ.
- II — Таблицы величины тангенсов и длин кривых.
- III — Образец подсчета земляных работ.
- IV — Образец упражнения по земляным работам.
- V — Образец графического расчета площадей поперечных сечений насыпей и выемок на местности с поперечным уклоном.

ТАБЛИЦЫ

для расчета земляных работ.

Насыпи.

$\frac{H+h}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,
,000	0,078	4,178	11,278	21,378	34,478	50,578	69,678	91,778	116,878	144,978
,005	091	206	321	436	551	666	781	896	117,011	145,126
,01	104	234	364	494	624	754	884	92,014	144	274
,015	117	262	407	552	697	842	987	132	277	422
,02	131	291	451	611	771	931	70,091	251	411	571
,025	144	319	494	669	844	51,019	194	369	544	719
,03	157	347	537	727	917	107	297	487	677	867
,035	171	376	581	786	991	196	401	606	811	146,016
,04	184	404	624	844	35,064	284	504	724	944	164
,045	198	433	668	903	138	373	608	843	118,078	313
,05	212	462	712	962	212	452	712	962	212	462
,055	226	491	756	22,021	286	551	816	93,081	346	611
,06	239	519	799	079	359	639	919	199	479	759
,065	253	548	843	138	433	728	71,023	318	613	908
,07	267	577	887	197	507	817	127	437	747	147,057
,075	281	606	931	256	581	906	231	556	881	206
,08	296	636	976	316	656	996	336	676	119,016	356
,085	310	665	12,020	375	730	52,085	440	795	150	505
,09	324	694	064	434	804	174	544	914	284	654
,095	339	724	109	494	879	264	649	94,034	419	804
,100	353	753	153	553	953	353	753	153	553	953
,105	368	783	198	613	36,028	443	858	273	688	148,103
,11	382	812	242	672	102	532	962	392	822	252
,115	397	842	287	732	177	622	72,067	512	957	402
,12	412	872	332	792	252	712	172	632	120,092	552
,125	426	901	376	851	326	801	276	751	226	701
,13	441	931	421	911	401	891	381	871	361	851
,135	456	961	466	971	476	981	486	991	496	149,001
,14	471	991	511	23,031	551	53,071	591	95,111	631	151
,145	487	5,022	557	092	627	162	697	232	767	302
,15	502	052	602	152	702	252	802	352	902	452
,155	517	082	647	212	777	342	907	472	121,037	602
,16	532	112	692	272	852	432	73,012	592	172	752
,165	548	143	738	333	928	523	118	713	308	903
,17	563	173	783	393	37,003	613	223	833	443	150,053
,175	579	204	829	454	079	704	329	954	579	204
,18	595	235	875	515	155	795	435	96,075	715	355
,185	610	265	920	575	230	885	540	195	850	505
,19	626	296	966	636	306	976	646	316	986	656
,195	0,642	5,327	13,012	23,697	37,382	54,067	73,752	96,437	122,122	150,807

Насыпи.

$\frac{H+h}{2}$	0,....	1,....	2,....	3,....	4,....	5,....	6,....	7,....	8,....	9,....
,200	0,658	5,358	13,058	23,758	37,458	54,158	73,858	96,558	122,258	150,958
,205	674	389	104	819	534	249	964	679	394	151,109
,21	690	420	150	880	610	340	74,070	800	530	260
,215	706	451	196	941	686	431	176	921	666	411
,22	723	483	243	24,003	763	523	283	97,043	803	563
,225	739	514	289	064	839	614	389	164	939	714
,23	755	545	335	125	915	705	495	285	123,075	865
,235	772	577	382	187	992	797	602	407	212	152,017
,24	788	608	428	248	38,068	888	708	528	348	168
,245	805	640	475	310	145	980	815	650	485	320
,25	822	672	522	372	222	55,072	922	772	622	472
,255	839	704	569	434	299	164	75,029	894	759	624
,26	855	735	615	495	375	255	135	98,015	895	775
,265	872	767	662	557	452	347	242	137	124,032	727
,27	889	799	709	619	529	439	349	259	169	157,079
,275	906	831	756	681	606	531	456	381	306	231
,28	924	864	804	744	684	624	564	504	444	384
,285	941	896	851	806	761	716	671	626	581	536
,29	958	928	898	868	838	808	778	748	718	688
,295	976	961	946	931	916	901	886	871	856	841
,300	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
,305	1,011	6,026	14,041	25,056	39,071	56,086	76,101	99,116	125,131	154,146
,31	028	058	088	118	148	178	208	238	268	298
,315	046	091	136	181	226	271	316	361	406	451
,32	064	121	184	244	304	364	424	484	544	604
,325	081	156	231	306	381	456	531	606	681	756
,33	099	189	279	369	459	549	639	729	819	909
,335	117	222	327	432	537	642	747	852	957	155,062
,34	135	255	375	495	615	735	855	975	126,095	215
,345	154	289	424	559	694	829	964	100,099	234	369
,35	172	322	472	622	772	922	77,072	222	372	522
,355	190	355	520	685	850	57,015	180	345	510	675
,36	208	388	568	748	928	108	288	468	648	828
,365	227	422	617	812	40,007	202	377	592	787	982
,37	245	455	665	875	085	295	505	715	925	156,135
,375	264	489	714	939	164	389	614	839	127,064	280
,38	283	523	763	26,003	243	483	723	963	203	443
,385	301	556	811	066	321	576	831	101,086	341	596
,39	320	590	860	130	400	670	940	210	480	750
,395	1,339	6,624	14,909	26,194	40,479	57,764	78,049	101,334	127,619	156,904

Н а с ы п и.

$\frac{H+h}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,
, 400	1,358	6,658	14,958	26,258	40,558	57,858	78,158	101,458	127,758	157,058
, 405	377	692	15,007	322	637	952	267	582	897	212
, 41	396	726	056	386	716	58,046	376	706	128,036	366
, 415	415	760	105	450	795	140	485	830	175	520
, 42	435	795	155	515	875	235	595	955	315	675
, 425	454	829	204	579	954	329	704	102,079	454	829
, 43	473	863	253	643	41,033	423	813	203	593	983
, 435	493	898	303	708	113	518	923	328	733	158,138
, 44	512	932	352	772	192	612	79,032	452	872	292
, 445	532	967	402	837	272	707	142	577	129,012	447
, 45	552	7,002	452	902	352	802	252	702	152	602
, 455	572	037	502	967	432	897	362	827	292	757
, 46	591	071	551	27,031	511	991	471	951	431	911
, 465	611	106	601	096	591	59,086	581	103,076	571	159,066
, 47	631	141	651	161	671	181	691	201	711	221
, 475	651	176	701	226	751	276	801	326	851	376
, 48	672	212	752	292	832	372	912	452	992	532
, 485	692	247	802	357	912	467	80,022	577	130,132	687
, 49	712	282	852	422	992	562	132	702	272	842
, 495	733	318	903	488	42,073	658	243	828	413	998
, 500	7.3	353	953	553	153	753	353	953	553	160,153
, 505	774	389	16,004	619	234	849	464	104,079	694	309
, 51	794	424	054	684	314	944	574	204	834	464
, 515	815	460	105	750	395	60,040	685	330	975	620
, 52	836	496	156	816	476	136	796	456	131,116	776
, 525	856	531	206	881	556	231	906	581	256	931
, 53	877	567	257	947	637	327	81,017	707	397	161,087
, 535	898	603	308	28,013	718	423	128	833	538	243
, 54	919	63	359	079	799	519	239	959	679	399
, 545	941	676	411	146	881	616	351	105,086	821	556
, 55	962	712	462	212	962	712	462	212	962	712
, 555	983	748	513	278	43,043	808	573	338	132,103	868
, 56	2,004	784	564	344	124	904	684	464	244	162,024
, 565	026	821	616	41	206	61,001	796	591	386	181
, 57	047	857	667	477	287	097	907	717	57	337
, 575	069	894	719	544	369	194	82,019	844	669	494
, 58	091	931	771	611	451	291	131	971	811	651
, 585	112	967	822	677	532	387	242	106,097	952	807
, 59	134	8,004	874	744	614	484	354	224	133,094	764
, 595	2,156	8,041	16,926	28,811	43,696	61,881	82,466	106,351	133,236	163,121

Н а с ы п и.

$\frac{H+1}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,
,600	2,178	8,078	16,978	28,878	43,778	61,678	82,578	106,478	133,378	163,278
,605	200	115	17,030	945	860	775	690	605	520	435
,61	222	152	082	29,012	942	872	80	732	662	592
,615	244	189	134	079	44,024	969	914	859	804	749
,62	267	227	187	147	107	62,067	83,027	987	947	907
,625	289	264	239	214	189	164	139	107,114	134,089	164,054
,63	311	301	291	281	271	261	251	241	231	221
,635	334	339	344	349	354	359	364	369	374	379
,64	356	376	396	416	436	456	476	496	516	536
,645	379	414	449	484	519	554	589	624	659	694
,65	402	452	502	552	602	652	702	752	802	852
,655	425	490	555	620	685	750	815	880	945	165,010
,66	447	527	607	687	767	847	927	108,007	135,087	167
,665	470	565	660	755	850	945	84,040	135	230	325
,67	493	603	713	823	933	63,043	153	253	373	483
,675	516	641	766	891	45,016	141	266	391	516	641
,68	540	680	820	960	100	240	380	520	660	800
,685	563	718	873	30,028	183	338	493	648	803	958
,69	586	756	926	096	266	436	606	776	946	166,116
,695	610	795	980	165	350	535	720	905	136,090	275
,700	633	833	18,033	233	433	633	833	109,033	233	433
,705	657	872	087	302	517	732	947	162	377	592
,71	680	910	140	370	600	830	85,060	290	520	750
,715	704	949	194	439	684	929	174	419	664	909
,72	728	988	248	508	768	64,028	288	548	808	167,068
,725	751	9,026	301	576	851	126	401	676	951	226
,73	775	065	355	645	935	225	515	805	1,7,095	385
,735	799	104	409	714	46,019	324	629	934	239	544
,74	823	143	463	783	103	423	743	110,063	383	703
,745	848	183	518	853	188	523	858	193	528	863
,75	872	222	572	922	272	622	972	322	672	168,022
,755	896	261	626	991	356	721	86,086	451	816	181
,76	920	300	680	31,060	440	820	200	580	960	340
,765	945	340	735	100	525	920	315	710	138,105	500
,77	969	379	789	199	609	65,019	429	839	249	659
,775	994	413	844	269	694	119	544	969	394	819
,78	3,019	459	899	339	779	219	659	111,099	539	979
,785	043	498	953	408	863	318	773	228	683	169,138
,79	068	538	19,008	478	948	418	888	358	828	298
,795	3,093	9,578	19,063	31,548	47,033	65,518	87,003	111,488	138,973	169,458

Н а с ы п и.

$\frac{H+h}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,
,800	3,118	9,618	19,118	31,618	47,118	65,618	87,118	111,618	139,118	169,618
,805	143	658	173	688	203	718	233	748	2:3	778
,81	168	698	228	758	288	818	348	878	408	938
,815	193	738	283	828	373	918	463	112,008	553	170,098
,82	219	779	339	899	459	66,019	579	139	699	259
,825	244	819	394	969	544	119	694	269	844	419
,83	269	859	449	32,039	629	219	809	399	989	579
,835	295	900	505	110	715	320	925	530	140,135	740
,84	320	940	560	180	800	420	88,040	660	280	900
,845	346	981	616	251	886	521	156	791	426	171,061
,85	372	10,022	672	322	972	622	272	922	572	222
,855	398	053	728	393	48,058	723	388	113,053	718	383
,86	423	103	783	463	143	823	503	183	863	543
,865	449	144	839	534	229	924	619	314	141,009	704
,87	475	185	895	605	315	67,025	735	445	155	865
,875	501	226	951	676	401	126	851	576	301	172,026
,88	528	268	20,008	748	488	228	968	708	448	188
,885	554	309	064	819	574	329	89,084	839	594	349
,89	580	350	120	890	660	430	200	970	740	510
,895	607	392	177	962	747	532	317	114,102	887	672
,900	633	433	233	33,033	833	633	433	233	142,033	833
,905	660	475	290	105	920	735	550	365	180	995
,91	686	516	346	176	49,006	836	666	496	326	173,156
,915	713	558	403	248	093	938	783	628	473	318
,92	740	600	460	320	180	68,040	900	760	620	480
,925	766	641	516	391	266	141	90,016	891	766	641
,93	793	683	573	463	353	243	133	115,023	91	803
,935	820	725	630	535	440	345	250	155	143,060	965
,94	847	767	687	607	527	447	367	287	207	174,127
,945	875	810	745	680	615	550	485	420	355	290
,95	902	852	802	752	702	652	602	552	502	452
,955	929	894	859	824	789	754	719	684	649	614
,96	956	936	916	896	876	856	836	816	796	776
,965	984	979	974	969	964	959	954	949	944	939
,97	4,011	11,021	21,031	34,041	50,051	69,061	91,071	116,081	144,091	175,101
,975	039	064	089	114	139	164	189	214	239	264
,98	067	107	147	187	227	267	307	347	387	427
,985	094	149	204	25	314	369	424	479	534	589
,99	122	192	262	332	402	472	542	612	682	752
,995	4,150	11,235	21,320	34,405	50,490	69,575	91,660	116,745	144,830	175,915

В ы е м к и.

$\frac{H+h}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	
	выемки	касыпи									
,000	0,345	0,078	6,267	15,267	27,267	42,267	60,267	81,267	105,267	132,267	162,267
,005	356	066	305	320	335	350	355	380	395	410	425
,01	366	054	342	372	402	432	462	492	522	552	582
,015	379	044	380	425	470	515	560	605	650	695	740
,02	392	035	418	478	538	598	658	718	778	838	898
,025	407	027	455	530	605	680	755	830	905	980	163,055
,03	423	020	493	583	673	763	853	943	106,033	133,123	213
,035	440	014	531	636	741	846	951	82,056	161	266	371
,04	458	009	569	689	809	929	61,049	169	289	409	529
,045	477	005	608	743	878	43,013	148	283	418	553	688
,05	498	002	646	796	946	096	246	396	546	696	846
,055	520	0,0005	684	849	28,014	179	344	509	674	839	164,004
,06	542		722	902	082	262	442	622	802	982	162
,065	566		761	956	151	346	541	736	931	134,126	321
,07	589		799	16,009	219	429	639	849	107,059	269	479
,075	613		838	063	288	513	738	963	188	413	638
,08	637		877	117	357	597	837	83,077	317	557	797
,085	660		915	170	425	680	935	190	445	700	955
,09	684		954	224	494	764	62,034	304	574	844	165,114
,095	708		993	278	563	848	133	418	703	938	273
,100	732		7,032	332	632	932	232	532	832	135,132	432
,105	756		071	386	701	44,016	331	646	961	276	591
,11	780		110	440	770	100	430	760	108,090	420	750
,115	804		149	494	839	184	529	874	219	564	909
,12	829		189	549	909	269	629	989	349	709	166,069
,125	853		228	603	978	353	728	84,103	478	853	228
,13	877		267	657	29,047	437	827	217	607	997	387
,135	902		307	712	117	522	927	332	737	136,142	547
,14	926		346	766	186	606	63,026	446	866	286	706
,145	951		386	821	256	691	126	561	996	431	866
,15	976		426	876	326	776	226	676	109,126	576	167,026
,155	1,001		466	931	396	861	326	791	256	721	186
,16	025		505	985	465	945	425	905	385	855	345
,165	050		545	17,040	535	45,030	525	85,020	515	137,010	505
,17	075		585	095	605	115	625	135	645	155	665
,175	100		625	150	675	200	725	250	775	300	825
,18	126		666	206	746	286	826	366	906	446	986
,185	151		706	261	816	371	926	481	110,036	591	168,146
,19	176		746	316	886	456	64,026	596	166	736	306
,195	1,202		7,787	17,372	29,957	45,542	64,127	85,712	110,297	137,882	168,457

В ы е м к и.

$\frac{H+h}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,
, 200	1,227	7,827	17,427	30,027	45,627	64,227	85,827	110,427	138,027	168,627
, 205	253	868	483	098	713	328	943	558	173	788
, 21	278	908	538	168	798	428	86,058	688	318	948
, 215	304	949	594	239	884	529	174	819	464	169,109
, 22	330	990	650	310	970	630	290	950	610	270
, 225	355	8,030	705	380	46,055	730	405	111,080	755	430
, 23	381	071	761	451	141	831	521	211	901	591
, 235	407	112	817	522	227	932	637	342	139,047	752
, 24	433	153	873	593	313	65,033	753	473	193	913
, 245	460	195	930	665	400	135	870	605	340	170,075
, 25	486	236	986	736	486	236	986	736	486	236
, 255	512	277	18,042	807	572	337	87,102	867	632	397
, 26	538	318	098	878	658	438	218	998	778	558
, 265	565	360	155	950	745	540	335	112,130	925	720
, 27	591	401	211	31,021	831	641	451	261	140,071	881
, 275	618	443	268	093	918	743	568	393	218	171,043
, 28	645	485	325	165	47,005	845	685	525	365	205
, 285	671	526	381	236	091	946	801	656	511	366
, 29	698	568	438	308	178	66,048	918	788	658	528
, 295	725	610	495	380	265	150	88,035	920	805	690
, 300	752	652	552	452	352	252	152	113,052	952	852
, 305	779	694	609	524	439	354	269	184	141,099	172,014
, 31	806	736	666	596	526	456	386	316	246	176
, 315	833	778	723	668	613	558	503	448	393	338
, 32	861	821	781	741	701	661	621	581	541	501
, 325	888	863	838	813	788	763	738	713	688	663
, 33	915	905	895	885	875	865	855	845	835	825
, 335	943	948	953	958	963	968	973	978	983	988
, 34	970	990	19,010	32,030	48,050	67,070	89,090	114,110	142,130	173,150
, 345	998	9,033	068	103	158	173	208	243	278	313
, 35	2,026	076	126	176	226	276	326	376	426	476
, 355	054	119	184	249	314	379	444	509	574	639
, 36	081	161	241	321	401	481	561	641	721	801
, 365	109	204	299	394	489	584	679	774	869	964
, 37	137	247	357	467	577	687	797	907	143,017	174,127
, 375	165	290	415	540	665	790	915	115,040	165	290
, 38	194	334	474	614	754	894	90,034	174	314	454
, 385	222	377	532	687	842	997	152	307	462	617
, 39	250	420	590	760	930	68,100	270	440	610	780
, 95	2,279	9,464	19,649	32,834	49,019	68,204	90,389	115,574	143,759	174,944

В ы е м к и.

$\frac{H+1}{2}$	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,
, 400	2,307	9,507	19,707	32,907	49,107	68,307	90,507	115,707	143,907	175,107
, 405	336	551	766	981	196	411	626	841	144,056	271
, 41	364	594	824	33,054	284	514	744	974	204	434
, 415	393	638	883	128	373	618	863	116,108	353	598
, 42	422	682	942	202	462	722	982	242	502	762
, 425	450	725	20,000	275	550	825	91,100	375	650	925
, 43	479	769	059	349	639	929	219	509	799	176,089
, 435	508	813	118	423	728	69,033	338	643	948	253
, 44	537	857	177	497	817	137	457	777	145,097	417
, 445	567	902	237	572	907	242	577	912	247	582
, 45	596	946	296	646	996	346	696	117,046	396	746
, 455	625	990	355	720	50,085	450	815	180	545	910
, 46	654	10,034	414	794	174	554	934	314	694	177,074
, 465	684	079	474	869	264	659	92,054	449	844	239
, 47	713	123	533	943	353	763	173	583	993	403
, 475	743	168	593	34,018	443	868	293	718	146,143	568
, 48	773	213	653	093	533	973	413	853	293	733
, 485	802	257	712	167	622	70,077	532	987	442	897
, 49	832	302	772	242	712	182	652	118,122	592	178,062
, 495	862	347	832	317	802	287	772	257	742	227
, 500	892	392	892	392	892	392	892	392	892	392
, 505	922	437	952	467	982	497	93,012	527	147,042	557
, 51	952	482	21,012	542	51,072	602	132	662	192	722
, 515	982	527	072	617	162	707	252	797	342	887
, 52	3,013	573	133	693	253	813	373	933	493	179,053
, 525	043	618	193	768	343	918	493	119,068	643	218
, 53	073	663	253	843	433	71,023	613	203	793	383
, 535	104	709	314	919	524	129	734	339	944	549
, 54	134	754	374	994	614	234	854	474	148,094	714
, 545	165	800	435	35,070	705	340	975	610	245	880
, 55	196	846	496	146	796	446	94,096	746	396	180,046
, 555	227	892	557	222	887	552	217	882	547	212
, 56	257	937	617	297	977	657	337	120,017	697	377
, 565	288	983	678	373	52,068	763	458	153	848	543
, 57	319	11,029	739	449	159	869	579	289	999	709
, 575	350	075	800	525	250	975	700	425	149,150	875
, 58	382	122	862	602	342	72,082	822	562	302	181,042
, 585	413	168	923	678	433	188	943	698	453	208
, 59	444	214	984	754	524	294	95,064	834	604	374
, 595	3,476	11,261	22,046	35,831	52,616	72,401	95,186	120,971	149,756	18,541

В ы е м к и.

$\frac{H+h}{2}$	0,....	1,....	2,....	3,...	4,....	5,....	6,....	7,....	8,....	9,....
,600	3,507	11,307	22,107	35,907	52,707	72,507	95,307	121,107	149,907	181,707
,605	539	354	169	984	799	614	429	244	150,059	874
,61	570	400	230	36,060	890	720	550	380	210	182,040
,615	602	447	292	137	982	827	672	517	362	207
,62	634	494	354	214	53,074	934	794	654	514	374
,625	665	540	415	290	165	73,040	915	790	665	540
,63	697	587	477	357	257	147	96,037	927	817	707
,635	729	634	539	444	349	254	159	122,064	969	874
,64	761	681	601	521	441	361	281	201	151,121	183,041
,645	794	729	664	599	534	469	404	339	274	209
,65	826	776	726	676	626	576	526	476	426	376
,655	858	823	788	753	718	683	648	613	578	543
,66	890	870	850	830	810	790	770	750	730	710
,665	923	918	913	908	903	898	893	888	883	878
,67	955	965	975	985	995	74,005	97,015	123,025	152,035	184,045
,675	988	12,013	23,038	37,063	54,088	113	138	163	188	213
,68	4,021	061	101	141	181	221	261	301	341	381
,685	053	108	163	218	273	328	383	438	493	548
,69	086	156	226	296	366	436	506	576	646	716
,695	119	204	289	374	459	544	629	714	799	884
,700	152	252	352	452	552	652	752	852	952	185,052
,705	185	300	415	530	645	760	875	990	153,105	220
,71	218	348	478	608	738	868	998	124,128	258	388
,715	251	396	541	686	831	976	98,121	266	411	556
,72	285	445	605	765	925	75,085	245	405	565	725
,725	318	493	668	843	55,018	193	368	543	718	893
,73	351	541	731	921	111	301	491	681	871	186,061
,735	385	590	795	38,000	205	410	615	820	154,025	230
,74	418	638	858	078	298	518	738	958	178	398
,745	452	687	922	157	392	627	852	125,097	332	567
,75	486	736	986	236	486	736	986	236	486	736
,755	520	785	24,050	315	580	845	99,110	375	640	905
,76	553	833	113	393	673	953	233	513	793	187,073
,765	587	882	177	472	767	76,062	357	652	947	242
,77	621	931	241	551	861	171	481	791	155,101	411
,775	655	980	305	630	955	280	605	930	255	580
,78	690	13,030	370	710	56,050	390	730	126,070	410	750
,785	724	079	434	789	144	499	854	209	564	919
,79	758	128	498	868	238	608	978	348	718	188,088
,795	4,793	13,178	24,563	38,948	56,333	76,718	100,103	126,488	155,873	188,258

В ы е м к и.

$\frac{H+h}{2}$	0,....	1,....	2,....	3,....	4,....	5,....	6,....	7,....	8,....	9,....
, 800	4,827	13,227	24,627	39,027	56,427	76,827	100,227	125,627	156,027	188,427
, 805	862	277	692	107	522	937	352	767	182	597
, 81	896	326	756	186	616	77,046	476	906	336	766
, 815	931	376	821	266	711	156	601	127,046	491	936
, 82	965	426	886	346	806	266	726	186	646	189,106
, 825	5,000	475	950	425	900	375	850	325	800	275
, 83	035	525	25,015	505	995	485	975	465	955	445
, 835	070	575	060	585	57,090	595	101,100	605	157,110	615
, 84	105	625	145	665	185	705	225	745	265	785
, 845	141	676	211	746	281	816	351	896	421	956
, 85	176	726	276	826	376	926	476	128,026	576	190,126
, 855	211	776	341	906	471	78,036	601	166	731	296
, 86	246	826	406	986	566	146	726	306	886	466
, 865	282	877	472	40,067	662	257	852	447	158,042	637
, 87	317	927	537	147	757	367	977	587	197	807
, 875	353	978	603	228	853	478	102,103	728	353	978
, 88	389	14,029	669	309	949	589	229	869	509	191,149
, 885	424	079	734	389	58,044	699	354	129,009	664	319
, 89	460	130	800	470	140	810	480	150	820	490
, 895	496	181	866	551	236	921	606	291	976	661
, 900	532	232	932	632	332	79,032	732	432	159,132	832
, 905	568	283	998	713	428	143	858	573	288	192,003
, 91	604	334	26,064	794	524	254	984	714	444	174
, 915	640	385	130	875	620	365	103,110	856	600	345
, 92	677	437	197	957	717	477	237	997	757	517
, 925	713	488	263	41,038	813	588	363	130,138	913	688
, 93	749	539	329	119	909	699	489	279	160,069	859
, 935	786	591	396	201	59,006	811	616	421	226	193,031
, 94	822	642	462	282	102	922	742	562	382	202
, 945	859	694	529	364	199	80,034	869	704	539	374
, 95	896	746	596	446	296	146	996	846	696	546
, 955	933	793	663	528	393	258	104,123	983	853	718
, 96	969	849	729	609	489	369	249	131,129	161,009	889
, 965	6,006	901	796	691	586	481	376	271	166	194,061
, 97	043	953	863	773	683	593	503	413	323	233
, 975	080	15,005	930	855	780	705	630	555	480	405
, 98	118	058	998	938	878	818	758	698	638	578
, 985	155	110	27,065	42,027	975	930	885	840	795	750
, 99	192	162	132	102	60,072	81,042	105,012	982	952	922
, 995	6,230	15,215	27,200	42,185	60,170	81,155	105,140	132,125	162,110	195,095

П о п р а в к и.

Н—н	0,....	1,....	2,....	3,....	4,....	И—н	0,....	1,....	2,....	3,....	4,....
, 00	—	0,125	0,500	1,125	2,000	, 25	0,008	0,195	0,633	1,320	2,258
, 01	0,000	128	505	133	010	, 26	—	198	638	328	268
, 02	—	130	510	140	020	, 27	009	202	644	337	279
, 03	—	133	515	148	030	, 28	010	205	650	345	290
, 04	—	135	520	155	040	, 29	011	208	656	353	301
, 05	—	138	525	163	050	, 30	—	212	661	361	311
, 06	—	140	530	170	061	, 31	012	215	667	370	322
, 07	001	143	536	178	071	, 32	013	218	673	378	333
, 08	—	146	541	186	081	, 33	014	221	679	386	344
, 09	—	149	546	193	091	, 34	—	224	684	394	354
, 10	—	151	551	201	101	, 35	015	228	690	403	365
, 11	—	154	557	209	111	, 36	016	231	696	411	376
, 12	002	157	562	217	122	, 37	017	235	702	420	387
, 13	—	160	567	225	132	, 38	018	238	708	428	398
, 14	—	162	572	232	142	, 39	019	242	714	437	409
, 15	003	165	578	240	153	, 40	020	245	720	445	420
, 16	—	168	583	248	163	, 41	021	249	726	454	431
, 17	004	171	589	256	174	, 42	022	252	732	462	442
, 18	—	174	594	264	184	, 43	023	256	738	471	453
, 19	005	177	600	272	195	, 44	024	259	744	479	464
, 20	—	180	605	280	205	, 45	025	263	750	488	475
, 21	006	183	611	288	216	, 46	026	266	756	496	486
, 22	—	186	616	296	226	, 47	028	270	763	505	497
, 23	007	189	622	304	237	, 48	029	274	769	514	509
, 24	0,007	0,192	0,627	1,312	2,247	, 49	0,030	0,278	0,775	1,523	2,520

П о п р а в к и.

И-л	0,....	1,....	2,....	3,....	4,....	И-л	0,....	1,....	2,....	3,....	4,....
, 50	0,031	0,281	0,781	1,531	2,531	, 75	0,070	0,383	0,945	1,758	2,820
, 51	033	285	788	540	542	, 76	072	387	952	767	832
, 52	034	289	794	549	554	, 77	074	392	959	776	844
, 53	035	293	800	558	565	, 78	076	396	966	786	856
, 54	036	296	806	567	576	, 79	078	401	973	796	868
, 55	038	300	813	575	588	, 80	080	405	980	805	880
, 56	039	304	819	584	599	, 81	082	410	987	814	892
, 57	041	308	826	593	610	, 82	084	414	994	824	904
, 58	042	312	832	602	622	, 83	085	419	1,001	834	916
, 59	044	316	839	611	634	, 84	088	423	008	843	928
, 60	045	320	845	620	645	, 85	090	428	015	853	940
, 61	047	324	852	629	656	, 86	093	432	022	862	952
, 62	048	328	858	638	668	, 87	095	437	030	872	965
, 63	050	332	865	647	680	, 88	097	442	037	882	977
, 64	051	336	871	656	691	, 89	099	447	044	892	989
, 65	053	340	878	665	703	, 90	101	451	051	901	3,001
, 66	054	344	884	674	714	, 91	104	456	059	911	014
, 67	056	349	891	684	726	, 92	106	461	066	921	026
, 68	058	353	898	693	738	, 93	108	466	073	931	038
, 69	060	357	905	702	750	, 94	110	470	080	940	051
, 70	061	361	911	711	761	, 95	113	475	088	950	063
, 71	063	365	918	720	773	, 96	115	480	095	960	075
, 72	065	370	925	730	785	, 97	118	485	103	970	085
, 73	067	374	932	739	796	, 98	120	490	110	980	100
, 74	0,068	0,378	0,938	1,748	2,808	, 99	0,123	0,495	1,118	1,990	3,112

ТАБЛИЦЫ

величин тангенсов (касательных) и длин кривых для радиусов $= 1$ и для величин углов в поворотных точках от 130° — до 180° через каждые 10 минут.

130°—140°

Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривыя К.	Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривыя К.
130	0	0.466308	0.872665	135	0	0.414214	0.785398
	10	0.464538	0.869756		10	0.412511	0.782489
	20	0.462771	0.866848		20	0.410810	0.779580
	30	0.461006	0.863938		30	0.409111	0.776672
	40	0.459244	0.861029		40	0.407414	0.773763
	50	0.457484	0.858120		50	0.405719	0.770854
131	0	0.455726	0.855211	136	0	0.404026	0.767945
	10	0.453971	0.852302		10	0.402335	0.765036
	20	0.452218	0.849394		20	0.400647	0.762127
	30	0.450467	0.846485		30	0.398960	0.759218
	40	0.448719	0.843576		40	0.397275	0.756309
	50	0.446973	0.840667		50	0.395592	0.753401
132	0	0.445229	0.837758	137	0	0.393911	0.750492
	10	0.443487	0.834849		10	0.392231	0.747583
	20	0.441748	0.831940		20	0.390554	0.744674
	30	0.440011	0.829031		30	0.388879	0.741765
	40	0.438276	0.826123		40	0.387205	0.738856
	50	0.436543	0.823214		50	0.385534	0.735947
133	0	0.434812	0.820305	138	0	0.383864	0.733038
	10	0.433084	0.817396		10	0.382196	0.730129
	20	0.431358	0.814487		20	0.380530	0.727221
	30	0.429634	0.811578		30	0.378866	0.724312
	40	0.427912	0.808669		40	0.377204	0.721403
	50	0.426192	0.805760		50	0.375543	0.718494
134	0	0.424475	0.802851	139	0	0.373885	0.715585
	10	0.422759	0.799942		10	0.372228	0.712676
	20	0.421046	0.797034		20	0.370573	0.709767
	30	0.419335	0.794125		30	0.368920	0.706858
	40	0.417626	0.791216		40	0.367268	0.703949
	50	0.415919	0.788307		50	0.365618	0.701041

140°—150°

Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривые К.	Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривые К.
140	0	0.363970	0.698132	145	0	0.315299	0.610865
	10	0.362324	0.695223		10	0.313701	0.607956
	20	0.360680	0.692314		20	0.312104	0.605048
	30	0.359037	0.689405		30	0.310508	0.602139
	40	0.357396	0.686496		40	0.308914	0.599230
	50	0.355756	0.683587		50	0.307322	0.596321
141	0	0.354119	0.680678	146	0	0.305731	0.593412
	10	0.352483	0.677770		10	0.304141	0.590503
	20	0.350848	0.674861		20	0.302553	0.587594
	30	0.349216	0.671952		30	0.300966	0.584685
	40	0.347585	0.669043		40	0.299380	0.581776
	50	0.345955	0.666134		50	0.297796	0.578868
142	0	0.344328	0.663225	147	0	0.296214	0.575959
	10	0.342702	0.660316		10	0.294632	0.573050
	20	0.341077	0.657407		20	0.293052	0.570141
	30	0.339454	0.654499		30	0.291473	0.567232
	40	0.337833	0.651590		40	0.289896	0.564323
	50	0.336213	0.648681		50	0.288320	0.561414
143	0	0.334595	0.645772	148	0	0.286745	0.558505
	10	0.332979	0.642863		10	0.285172	0.555597
	20	0.331364	0.639954		20	0.283600	0.552688
	30	0.329751	0.637045		30	0.282029	0.549779
	40	0.328139	0.634136		40	0.280460	0.546870
	50	0.326529	0.631227		50	0.278892	0.543961
144	0	0.324920	0.628319	149	0	0.277325	0.541052
	10	0.323313	0.625410		10	0.275759	0.538143
	20	0.321707	0.622501		20	0.274194	0.535234
	30	0.320103	0.619592		30	0.272631	0.532325
	40	0.318500	0.616683		40	0.271069	0.529417
	50	0.316899	0.613774		50	0.269509	0.526508

150°—160°.

Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривые К.	Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривые К.
150	0	0.267949	0.523599	155	0	0.221695	0.436332
	10	0.266591	0.520690		10	0.220169	0.433423
	20	0.264834	0.517781		20	0.218645	0.430515
	30	0.263278	0.514872		30	0.217121	0.427606
	40	0.261723	0.511963		40	0.215599	0.424697
	50	0.260170	0.509054		50	0.214077	0.421788
151	0	0.258618	0.506145	156	0	0.212557	0.418879
	10	0.257066	0.503237		10	0.211037	0.415970
	20	0.255517	0.500328		20	0.209518	0.413061
	30	0.253968	0.497419		30	0.208000	0.410152
	40	0.252420	0.494510		40	0.206483	0.407244
	50	0.250873	0.491601		50	0.204967	0.404335
152	0	0.249328	0.488692	157	0	0.203452	0.401426
	10	0.247784	0.485783		10	0.201938	0.398517
	20	0.246241	0.482874		20	0.200425	0.395608
	30	0.244698	0.479966		30	0.198912	0.392699
	40	0.243158	0.477057		40	0.197401	0.389790
	50	0.241618	0.474148		50	0.195890	0.386881
153	0	0.240079	0.471239	158	0	0.194380	0.383972
	10	0.238541	0.468330		10	0.192871	0.381064
	20	0.237004	0.465421		20	0.191363	0.378155
	30	0.235469	0.462512		30	0.189855	0.375246
	40	0.233934	0.459603		40	0.188350	0.372337
	50	0.232401	0.456695		50	0.186844	0.369428
154	0	0.230868	0.453786	159	0	0.185339	0.366519
	10	0.229337	0.450877		10	0.183835	0.363610
	20	0.227806	0.447968		20	0.182332	0.360701
	30	0.226277	0.445059		30	0.180830	0.357793
	40	0.224749	0.442150		40	0.179328	0.354884
	50	0.223221	0.439241		50	0.177827	0.351975

160°—170°.

Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривые К.	Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривые К.
160	0	0.176327	0.349066	165	0	0.131653	0.261799
	10	0.174928	0.346157		10	0.130173	0.258891
	20	0.173329	0.343248		20	0.128694	0.255982
	30	0.171831	0.340339		30	0.127216	0.253073
	40	0.170334	0.337430		40	0.125738	0.250164
	50	0.168838	0.334521		50	0.124261	0.247255
161	0	0.167343	0.331613	166	0	0.122785	0.244346
	10	0.165848	0.328704		10	0.121308	0.241437
	20	0.164354	0.325795		20	0.119833	0.238528
	30	0.162860	0.322886		30	0.118358	0.235619
	40	0.161368	0.319977		40	0.116883	0.232711
	50	0.159876	0.317068		50	0.115409	0.229802
162	0	0.158384	0.314159	167	0	0.113936	0.226893
	10	0.156894	0.311250		10	0.112463	0.223984
	20	0.155404	0.308342		20	0.110990	0.221075
	30	0.153915	0.305433		30	0.109518	0.218166
	40	0.152426	0.302524		40	0.108046	0.215257
	50	0.150938	0.299615		50	0.106575	0.212848
163	0	0.149451	0.296706	168	0	0.105104	0.209440
	10	0.147964	0.293797		10	0.103634	0.206531
	20	0.146478	0.290888		20	0.102164	0.203622
	30	0.144993	0.287979		30	0.100695	0.200713
	40	0.143508	0.285070		40	0.099226	0.197804
	50	0.142024	0.282162		50	0.097757	0.194895
164	0	0.140541	0.279253	169	0	0.096289	0.191986
	10	0.139058	0.276344		10	0.094821	0.189077
	20	0.137576	0.273435		20	0.093354	0.186168
	30	0.136094	0.270526		30	0.091887	0.183260
	40	0.134613	0.267617		40	0.090421	0.180351
	50	0.133132	0.264708		50	0.088954	0.177442

170°—180°.

Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривья К.	Градусы.	Минуты.	Тангенсы Т.	Кривья К.
170	0	0.087489	0.174533	175	0	0.043661	0.08 266
	10	0.086023	0.171624		10	0.042204	0.084358
	20	0.084558	0.168715		20	0.040747	0.081449
	30	0.083094	0.165806		30	0.039290	0.078540
	40	0.081629	0.162897		40	0.037834	0.075631
	50	0.080165	0.159980		50	0.036377	0.072722
171	0	0.078702	0.157080	176	0	0.034921	0.069813
	10	0.077238	0.154171		10	0.033465	0.066904
	20	0.075776	0.151262		20	0.032009	0.063995
	30	0.074313	0.148353		30	0.030553	0.061087
	40	0.072851	0.145444		40	0.029097	0.058178
	50	0.071389	0.142535		50	0.027641	0.055269
172	0	0.069927	0.139626	177	0	0.026185	0.052360
	10	0.068466	0.136717		10	0.024731	0.049451
	20	0.067004	0.133809		20	0.023275	0.046542
	30	0.065544	0.130900		30	0.021820	0.043633
	40	0.064083	0.127991		40	0.020365	0.040724
	50	0.062623	0.125082		50	0.018910	0.037815
173	0	0.061163	0.122173	178	0	0.017455	0.034907
	10	0.059703	0.119264		10	0.016000	0.031998
	20	0.058243	0.116355		20	0.014545	0.029089
	30	0.056784	0.113446		30	0.013091	0.026180
	40	0.055325	0.110538		40	0.011636	0.023271
	50	0.053866	0.107629		50	0.010181	0.020362
174	0	0.052408	0.104720	179	0	0.008727	0.017453
	10	0.050950	0.101811		10	0.007272	0.014544
	20	0.049491	0.098902		20	0.005818	0.011636
	30	0.048033	0.095993		30	0.004363	0.008727
	40	0.046576	0.093084		40	0.002909	0.005818
	50	0.045118	0.090175		50	0.001454	0.002909

Расчет земляных работ

по формуле: $V = \left(P_0 + \frac{(H-h)^2}{8} \right) \times L$ на местности без поперечного уклона.

Версты.	№№ пикетов.	+	-	$\frac{H+h}{2}$	H-h.	Площади профилей при средней отметке (P ₀).		Поправки $\frac{(H-h)^2}{8}$	Расчетная площадь $\left(P_0 + \frac{(H-h)^2}{8} \right)$		Расстояние между профилями (L).	Объемы (V).								
						Насып.	Выемк.		Насып.	Выемк.		Частные.		Целой.						
												Насып.	Выемк.	Насып.	Выемк.					
352	5	+0.36																		
	6	+0.36																		
		+25	+0.22																	
	7	+1.02																		
		+25	+1.08																	
	8	+1.19																		
		+25	+1.17																	
	9	+1.07																		
	353	0	+0.88																	
			+4	+0.83																
1		+0.67																		
		+6	+0.64																	
2		0																		
		+29	-0.93																	
3		-0.72																		
4		-0.52																		
		+35	-0.82																	
5		-0.70																		
												1043.027								
												575.179								

Расчет земляных работ по выработке нагорной канавы.

Версты.	Шикеты.	+	Глубина л.	Ширина по верху: 0.25 + 3л = А.	Полусумма: $\frac{1}{2}(А + 0.25) = В.$	Площадь попе- речного сечения В × л.	Средняя площадь.	Расстояния.	Объемы.
353	1n+6r		0	0	0	0	0.170	44	7.480
	2		0.40	1.45	0.85	0.34	1.215	29	35.235
		+ 29	<u>1.10</u>	<u>3.55</u>	<u>1.90</u>	<u>2.09</u>	1.255	21	26.355
	3		0.70	2.35	1.30	0.91	0.625	50	31.250
	4		0.40	1.45	0.85	0.34	0.625	35	21.875
		+ 35	<u>0.70</u>	<u>2.35</u>	<u>1.30</u>	<u>0.91</u>	0.780	15	11.700
	5		0.58	1.99	1.12	0.65			
							Всего..	—	133,895

Расчет земляных работ по отсыпке защитного вала.

Ширина по верху — 0.50

высота — 0.75 при полукторных откосах

ширина по низу = 2.75.

Площадь поперечного сечения защитного вала

$$\omega = \frac{2.75 + 0.50}{2} \times 0.75 = 1,22 \text{ кв. сажени.}$$

Протяжение защитного вала.

1) от 0 — до конца выемки = А = 150.00 сажени.

2) от 0 — до высоты насыпи = 0.35 = В = $\frac{0.35 \times 44}{(34.44 - 33.80)} =$

$$= \frac{15.40}{0.64} = 24.06 \approx 24.$$

Полное протяжение защитного вала = А + В = 150 + 24 = 174 с.

Объем защитного вала = 1,22 × 174 = 212,280 куб. саж.

И так: насыпь = 1043,027

защитный вал. = 212,280

1255,307

выемка = 575,179

нагорная канава = 133,895

709,074

Остается взять из резерва = 1255,307 — 709,074 = 546,233 куб. с.,
причем земля оставшаяся от выемки = (575,179 + 133,895 — 212,280) =
= 496,794 куб. саж. пойдет в насыпь примерно до 8n + 42 саж.

Расчет земляных работ по выработке резерва шириною по низу 7,50 саж.

Версты.	Пикеты.	+	Глубины и	Ширина по верху $7,5 + 2h = A.$	Полусумма $\frac{7,5 + A}{2} = B.$	Площадь $B \times h.$	Средняя пло- щадь.	Расстояние.	Объемы.
352	5	—	0,81	9,12	8,310	6,731	6,058	50	302,900
—	6	—	0,66	8,82	8,160	5,286	6,013	25	150,325
—	—	+25	0,80	9,10	8,300	6,640	33,20	25	83,000
—	7	—	0	0	0	0			

Итого — 536,225

На разрыхление около 20% — 10,725

546,950 куб. саж.

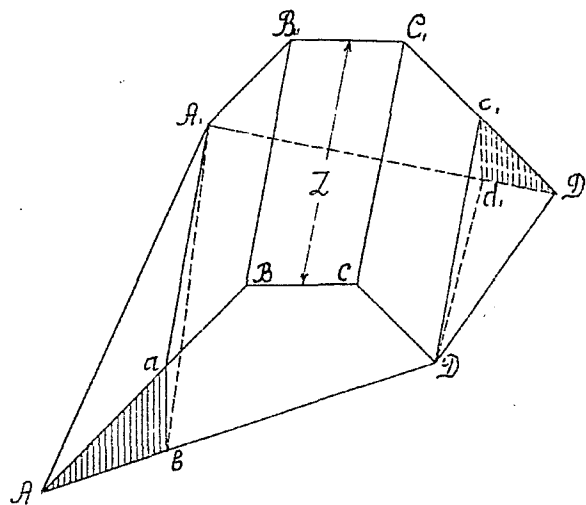
а требуется 546,233 куб. саж., что почти одно и то же.

Расчет земляных работ по формуле: $V_1 = \left(P_1 + P_2 - \frac{q_1 + q_2}{3} \right) \times L/2$

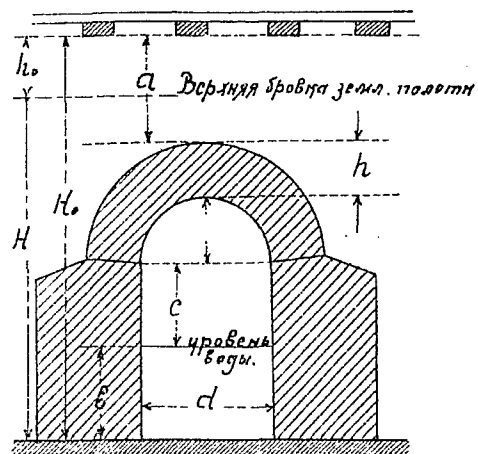
на местности с поперечным уклоном.

Версты.	№№ пикетовъ.	+	№№ поперечных профилей.		Площади поперечных профилей. (P _i).		Суммы площадей. (P _i - P _{i-1})		Поправки.			Расчетные площади.		О б' е м ы.			
			Насыпи.	Выемки.	Насыпи.	Выемки.	q ₁	q	$\frac{q_1 + q_2}{3}$	Насыпи.	Выемки.	1/2 расстояния между поперечными профилями.		Частные.		Целой.	
												Насыпи.	Выемки.	Насыпи.	Выемки.	Насыпи.	Выемки.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
352	5	-	11.38	-	2.70	-	0.022	0.010	0.010	2.69	-	25	67.25	-	-	-	-
-	6	-	21.32	-	2.00	-	0.095	0.005	0.033	1.97	-	12.50	24.63	-	-	-	-
-	-	+ 25	30.68	-	4.42	-	0.097	0.540	0.212	4.21	-	12.50	52.63	-	-	-	-
-	7	-	43.74	-	8.82	-	0.032	0.216	0.033	8.74	-	12.50	109.25	-	-	-	-
-	-	+ 25	55.03	-	10.26	-	0.120	0.436	0.185	10.07	-	12.50	125.88	-	-	-	-
-	8	-	65.18	-	11.33	-	0.330	0.124	0.151	11.23	-	12.50	140.38	-	-	-	-
-	-	+ 25	76.20	-	11.62	-	0.730	0.364	0.365	11.26	-	12.50	140.75	-	-	-	-
-	9	-	85.42	-	9.05	-	0.041	0.743	0.261	8.79	-	25	219.75	-	-	-	-
353	0	-	93.63	-	6.39	-	0.019	0.086	0.035	6.36	-	2	12.72	-	-	-	-
-	-	+ 4	102.76	-	5.36	-	0.041	0.034	0.025	5.33	-	23	122.59	-	-	-	-
-	1	-	112.60	-	5.02	-	0.077	0.088	0.055	4.97	-	3	14.91	-	-	-	-
-	-	+ 6	122.42	-	3.02	-	0.158	0.157	0.105	2.92	-	17.09	49.90	-	-	-	-
-	-	+ 40.18	130.60	-	0.82	-	0.091	0.029	0.040	0.78	-	$\frac{4.91}{5.41}$	3.83	2.54	-	-	-
-	2	-	140.22	0.47	-	2.46	0.085	0.416	0.167	-	2.29	$\frac{5.83}{2.25}$	0.50	13.35	1077.97	-	-
-	-	+ 11.65	151.87	1.99	-	7.21	0.033	0.210	0.081	-	7.13	8.68	-	61.89	-	-	-
-	-	+ 29	161.87	5.22	-	9.64	0.178	0.009	0.062	-	9.58	10.50	-	100.59	-	-	-
-	3	-	171.87	4.42	-	7.44	0.094	0	0.031	-	7.41	25	-	185.25	-	-	-
-	4	-	181.87	3.02	-	7.74	0.042	0.294	0.112	-	7.62	17.50	-	133.35	-	-	-
-	-	+ 35	191.87	4.72	-	8.93	0.033	0.063	0.034	-	8.95	7.50	-	67.13	-	-	-
-	5	-	201.87	4.26	-												

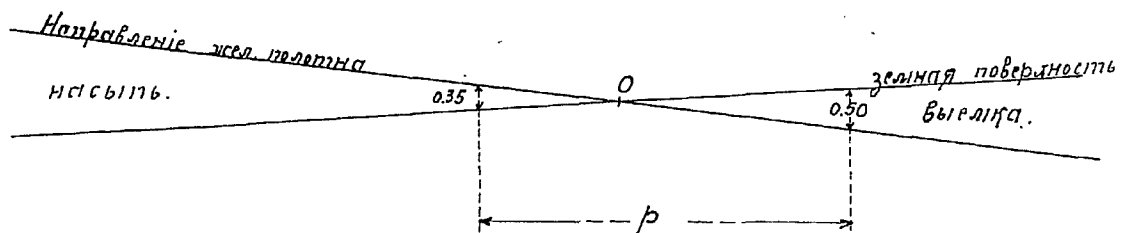
Черт. 15



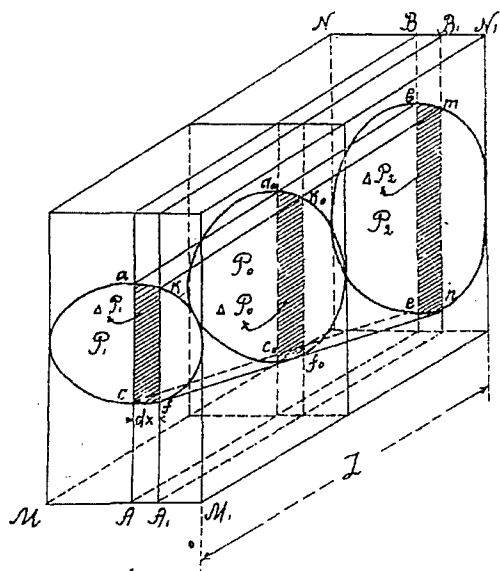
Черт. 6



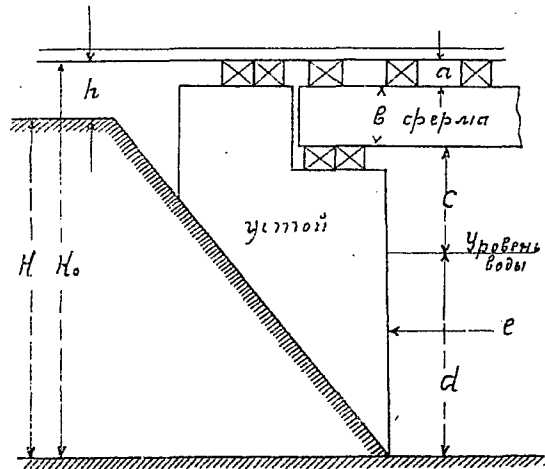
Черт. 2



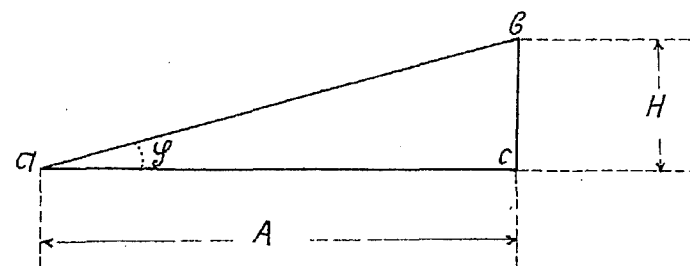
Черт. 14.



Черт. 7



Черт. 1.



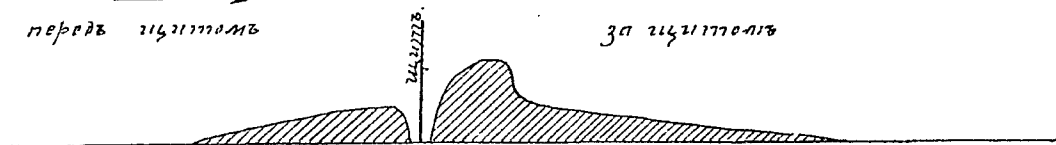
Черт. 3

Направление ветра

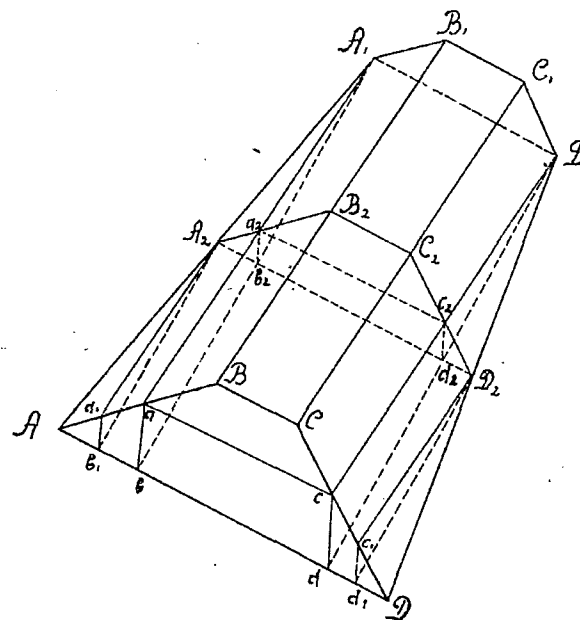


передъ цитастью

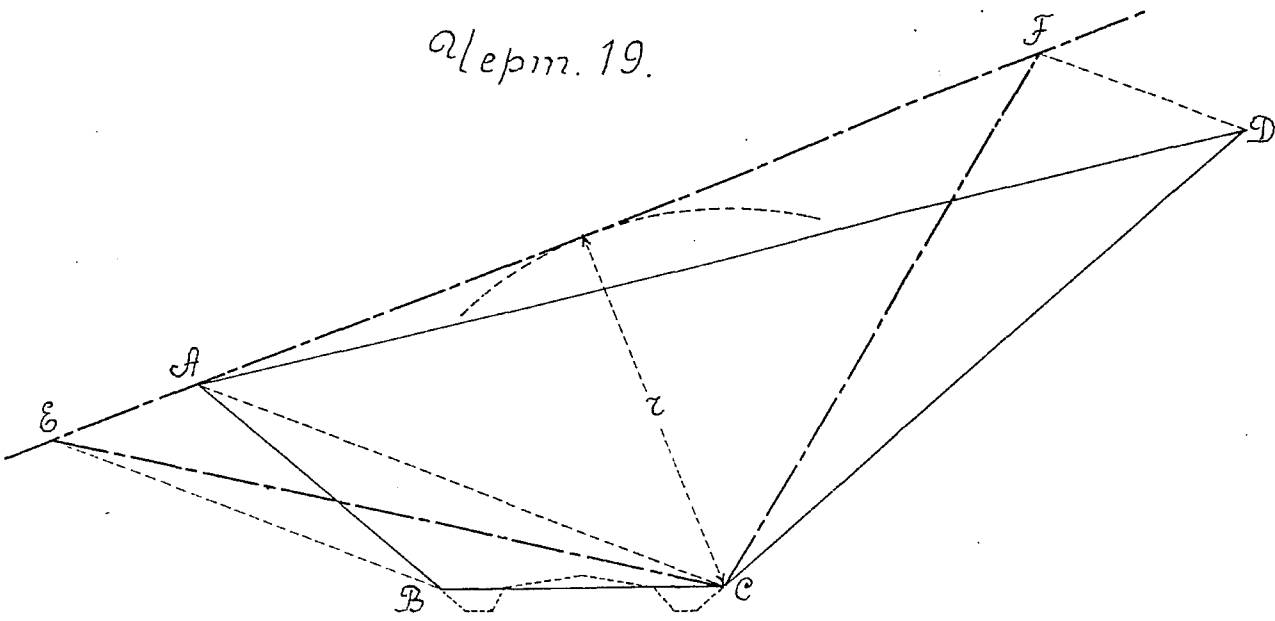
за цитастью



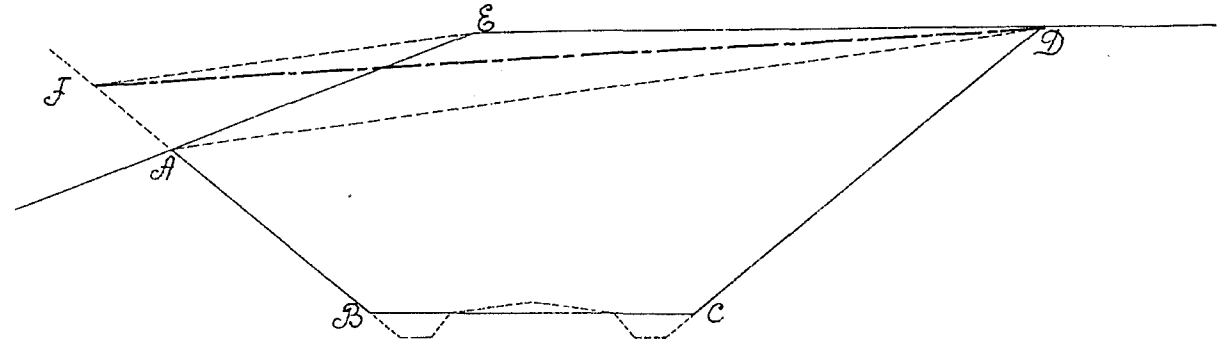
Черт. 8



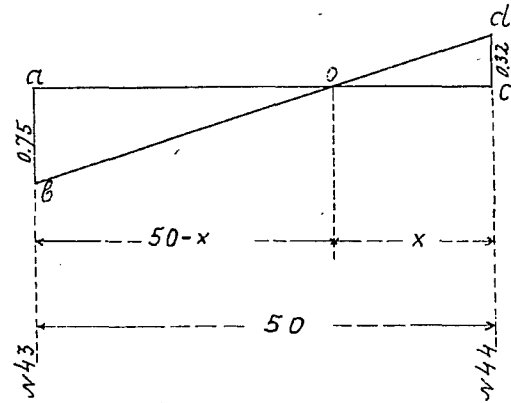
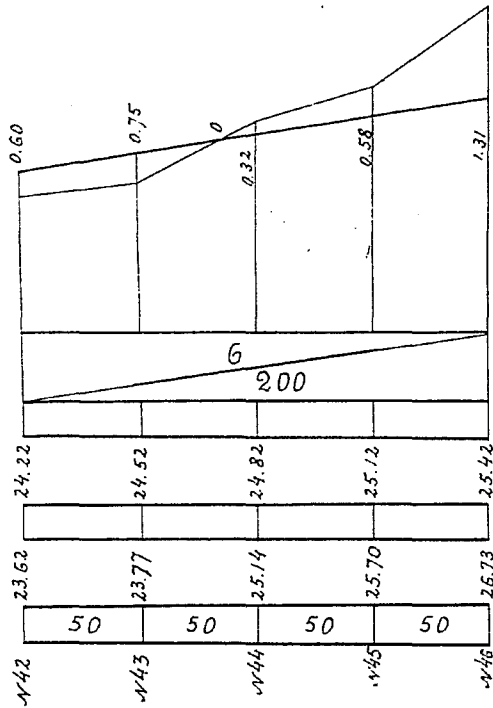
Черт. 19.



Черт. 17.

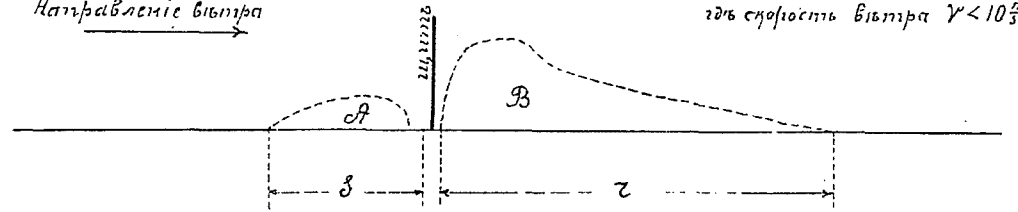


Черт. 12



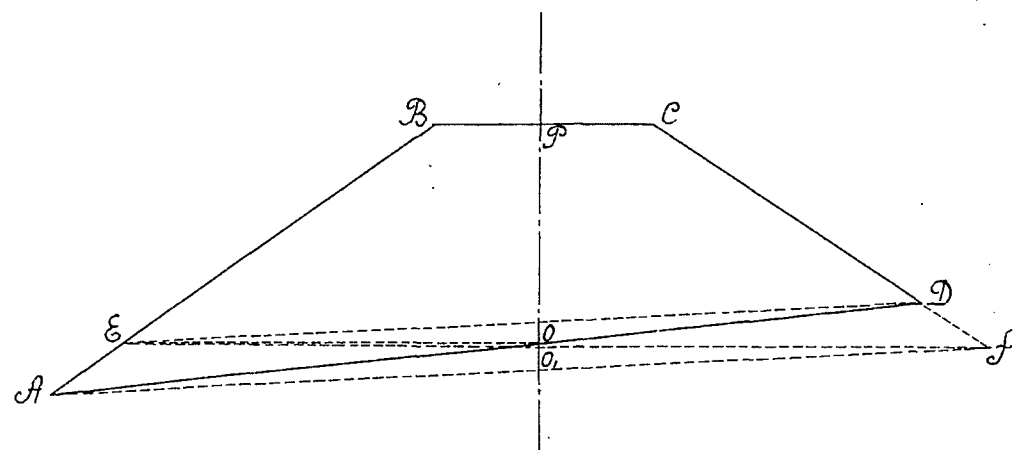
Черт. 4.

Направление ветра

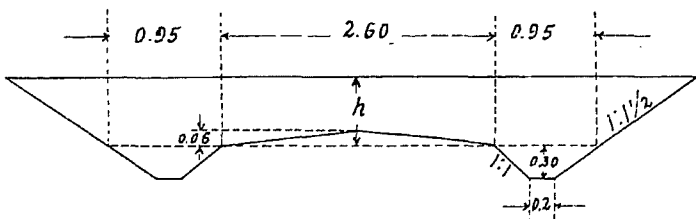


А и В - сферы затишья, где скорость ветра $v < 10 \frac{m}{sec}$.

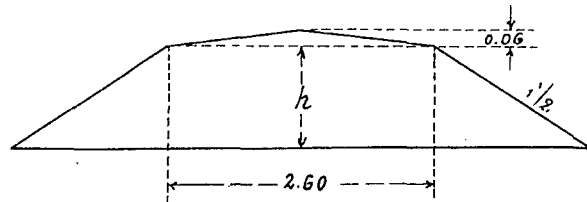
Черт. 11



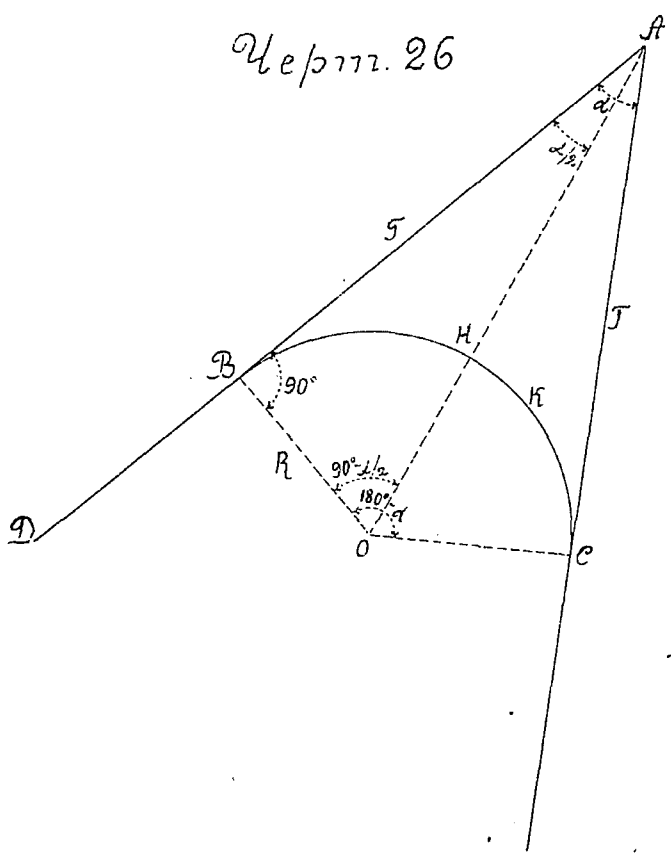
Черт. 10



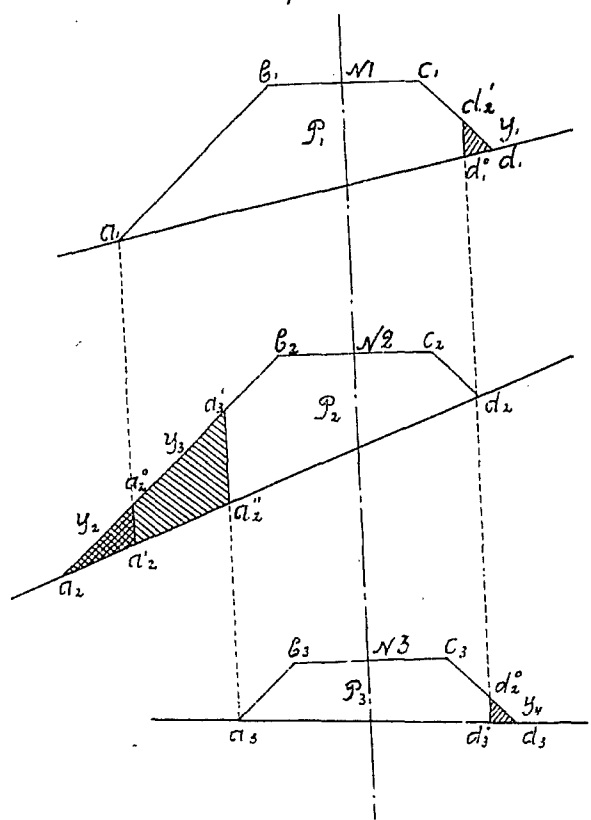
Черт. 9.



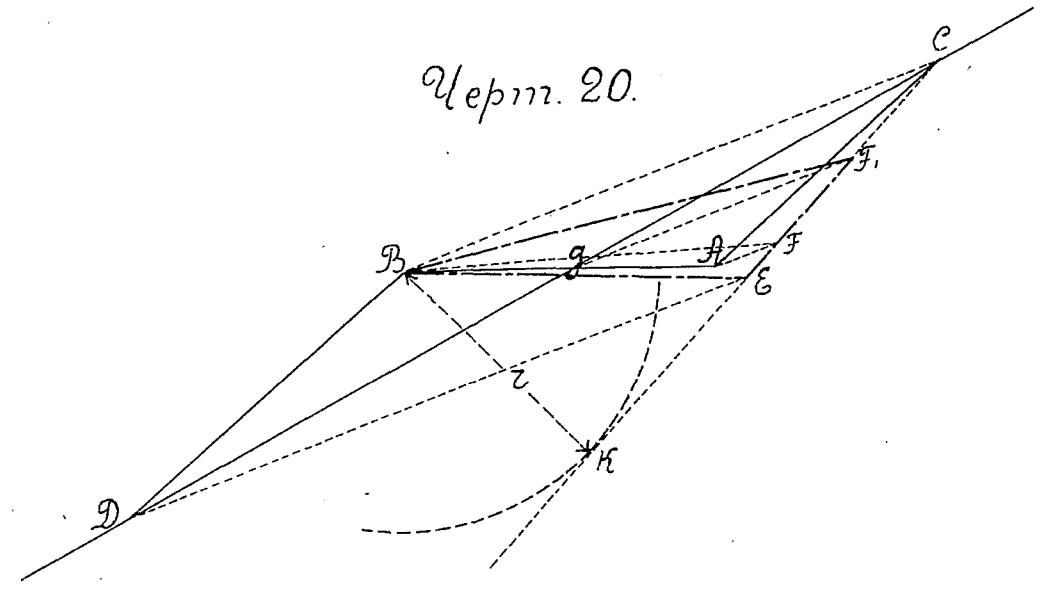
Черт. 26



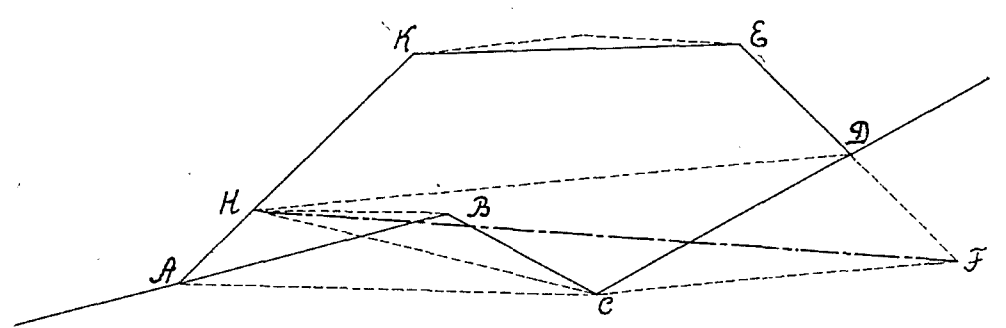
Черт. 21



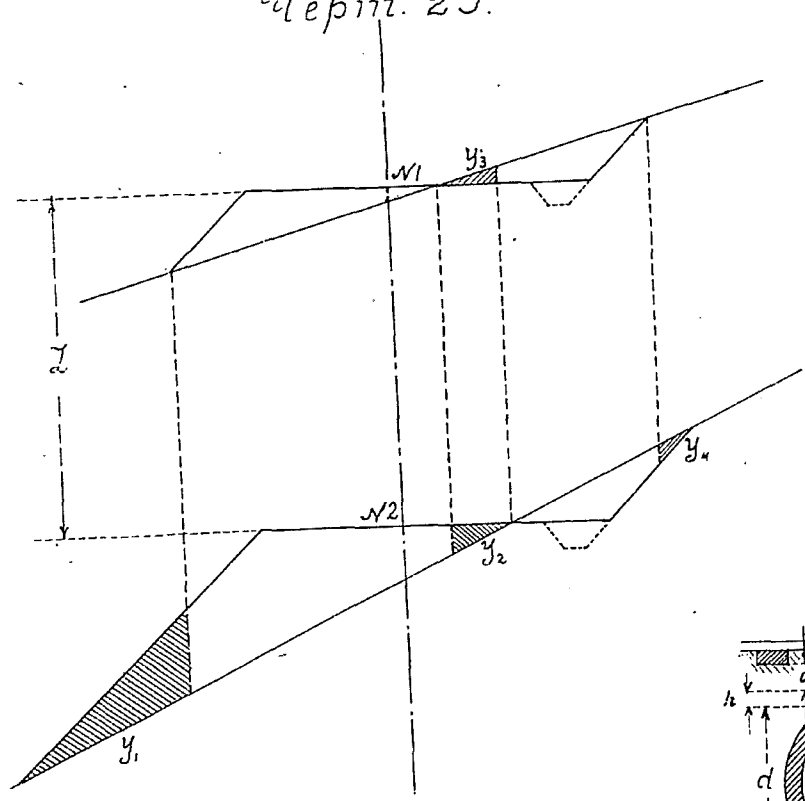
Черт. 20.



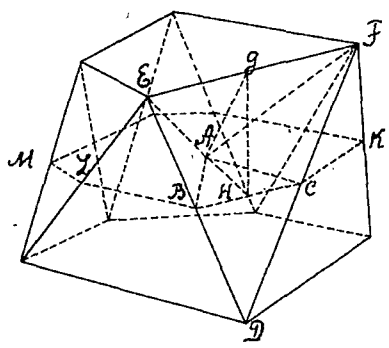
Черт. 16



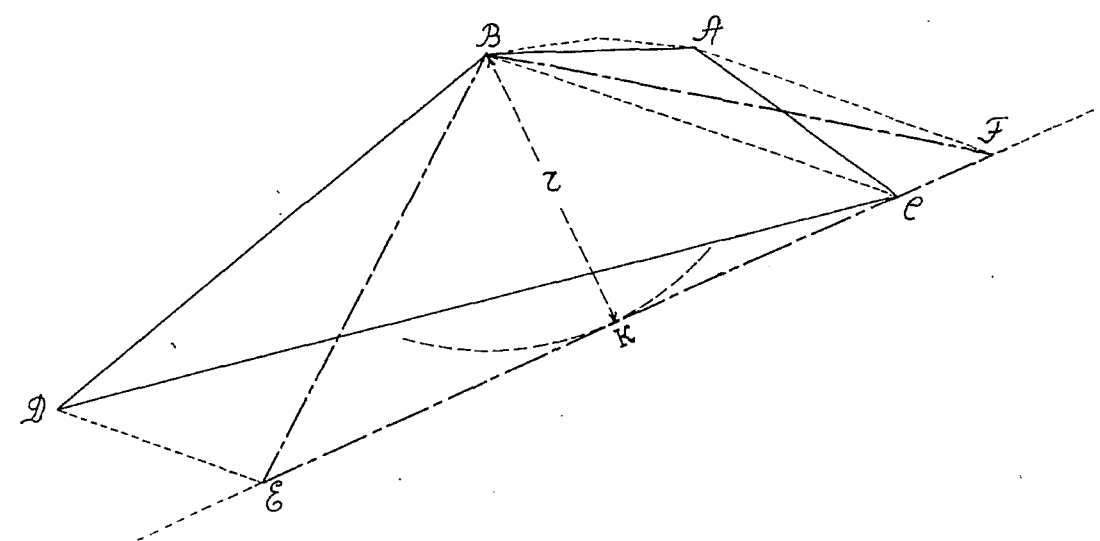
Черт. 23.



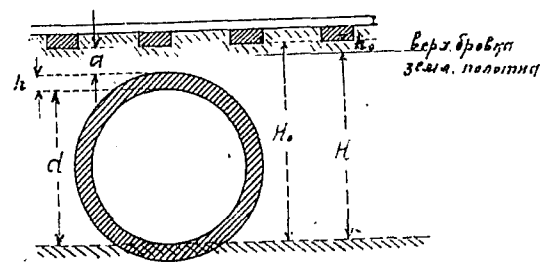
Черт. 13



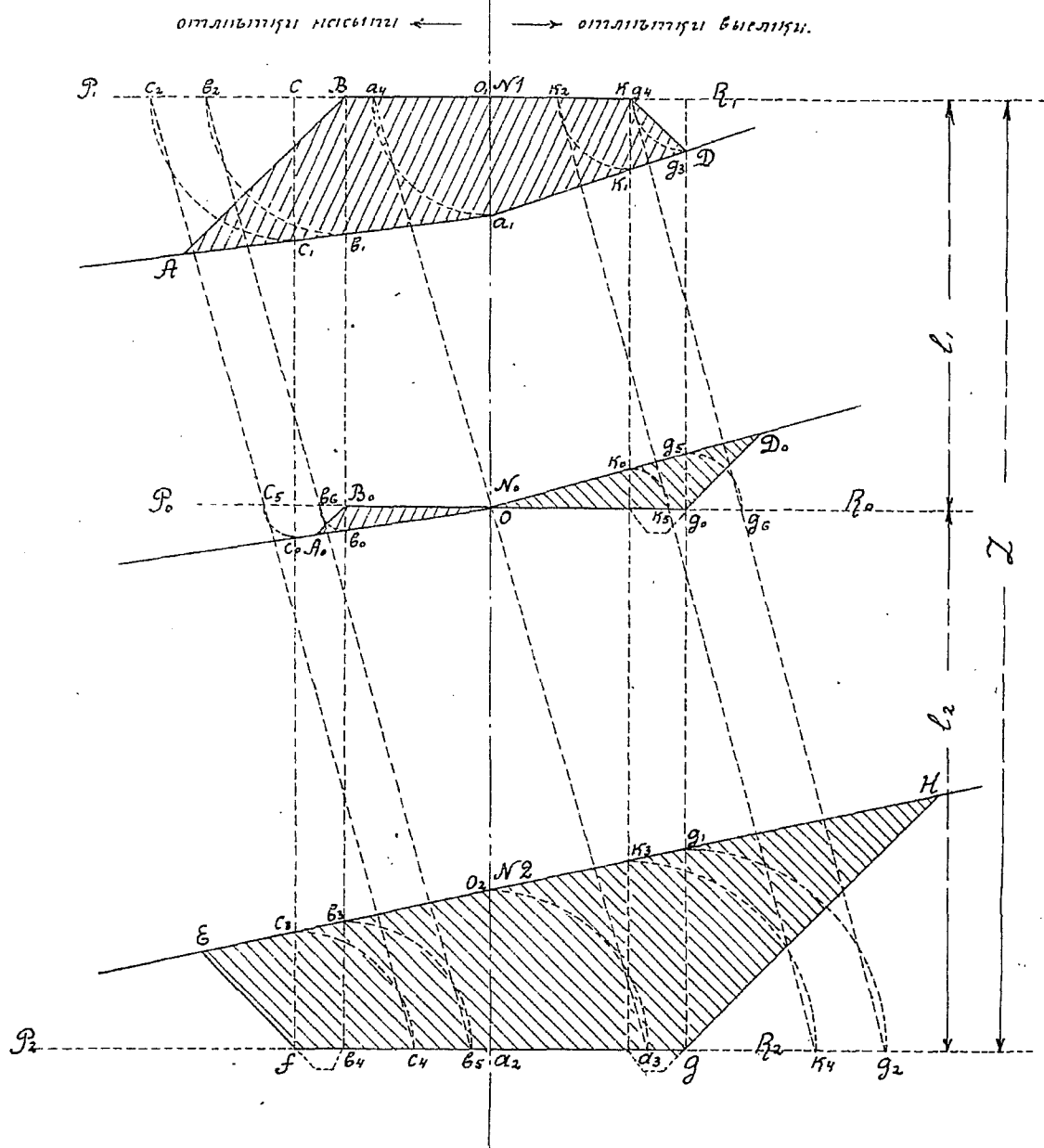
Черт. 18



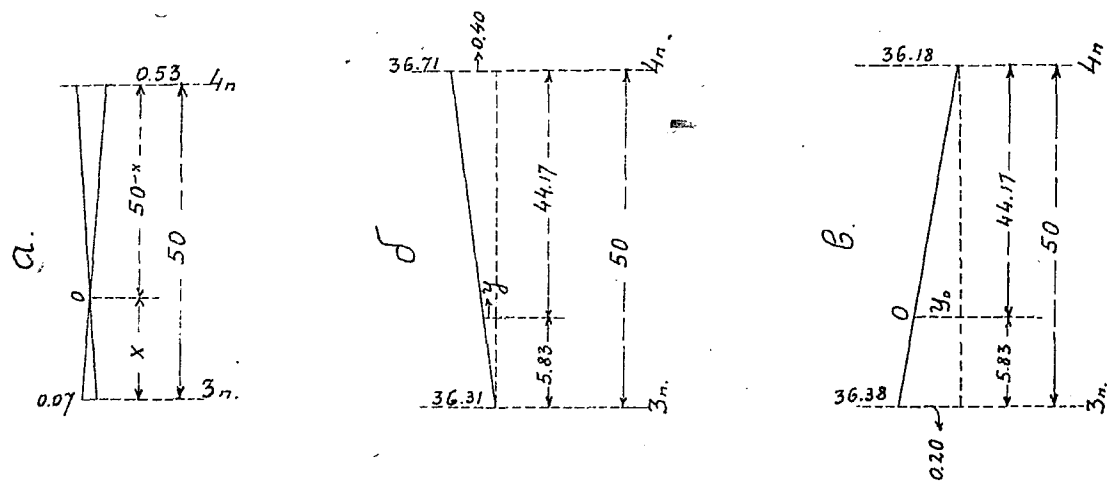
Черт. 5.



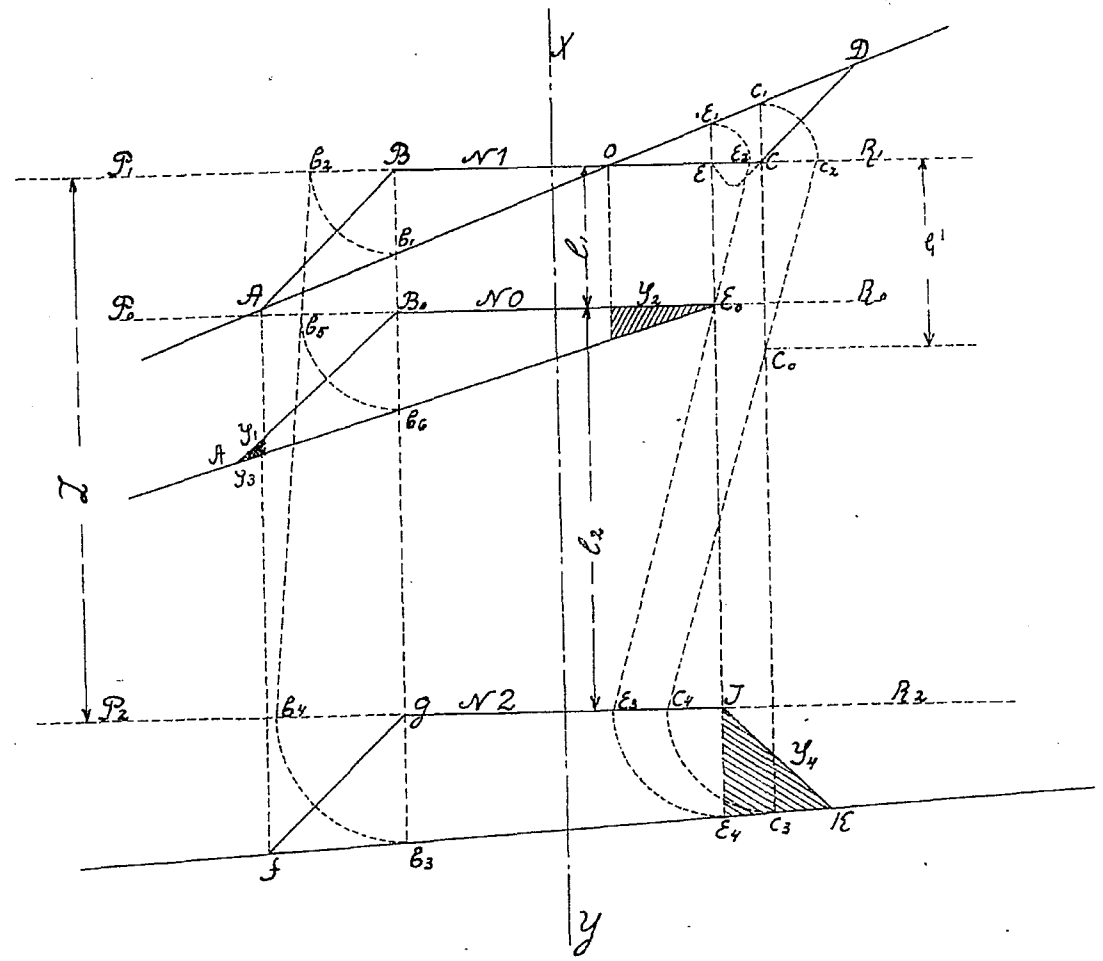
Черт. 22



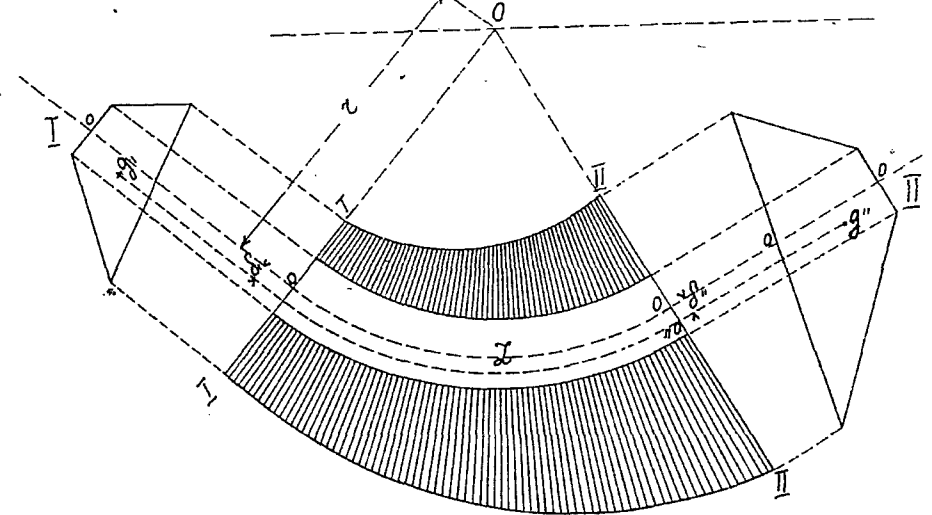
Черт. 27.



Черт. 24.



Черт. 25



Трапециеский расчет площадей попер. сечений насыпей и выемок на местности с поперечны

