Министерство транспортного строительства СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВРЕМЕННОЙ ПРИГРУЗКИ ВЗАМЕН ВЫТОРФОВЫВАНИЯ ПРИ СООРУЖЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ТОРФЯНЫХ БОЛОТАХ

Одобрены Минтрансстроем СССР

Москва 1974

УДК 625.731.1:625.711.83(075.5)

"МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВРЕМЕННОЙ ПРИГРУЗКИ ВЗАМЕН ВЫТОРФОВЫВАНИЯ ПРИ СООРУЖЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ТОРФЯНЫХ БОЛОТАХ". М., Союздорнии, 1974.

Метод временной пригрузки является простейшим методом, обеспечивающим ускорение осадки. Этот метод не требует никакой специальной механизации и по существу является технологическим приемом. Указанные обстоятельства являются предпосылками для широкого внедрения этого способа (когда он эффективен).

Даны условия применения метода временной пригрузки. Одним из преимуществ метода является то, что он в отличие от других (например, метода вертикального дренирования) позволяет ускорить не только первичную, но и вторичную осадку.

Приведен уточненный метод расчета требуемой величины пригрузки и длительности ее выдерживания. Расчет по предлагаемым зависимостям является простым и достаточно точным.

Даны также рекомендации технологического плана. Обращено внимание на особенности технологии сооружения насыпи с временной пригрузкой. Предусмотрена возможность выполнения работ в летнее и зимнее время. Подчеркнута важность своевременного снятия временной пригрузки.

Рис.-9, табл.- 1.

© СОЮЗДОРНИИ, 1974 г.

УДК 625.731.1:625.711.83(075.5)

Предисловие

"Методические рекомендации по применению временной пригрузки взамен выторфовывания при сооружении земляного полотна на торфяных болотах" разработаны в развитие "Методических указаний по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (М., Оргтранс-строй, 1968) и "Указаний по технологии возведения насыпей железных и автомобильных дорог на болотах и устройству построечных дорог" (ВСН 134-66) на основе лабораторных и теоретических исследований, результатов, полученных в процессе проектирования, строительства и эксплуатации специальных опытных участков, сооруженных с применением метода временной пригрузки, а также изучения и обобщения зарубежного опыта.

"Методические рекомендации" составлены канд.техн. наук В.Д.Казарновским при участии канд.техн. наук Э.К.Кузахметовой и инженеров Л.И.Чернявской и Е.С.Кузнецовой.

Замечания и пожелания по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии.

Общие положения

1. Метод временной пригрузки предназначен для ускорения осадки основания насыпей, возводимых на болотах без выторфовывания или с частичным выторфовыванием. Он может применяться как самостоятельный метод, так и в сочетании с другими способами ускорения осадки или повышения устойчивости основания насыпи.

Метод временной пригрузки может применяться для ускорения осадки на стадии первичной и вторичной консолидации.

Временную пригрузку как самостоятельный метод ускорения осадки насыпей на болотах 1 и II типа следует рассматривать как вариант решения преимущественно для дорог II-1У категории с покрытиями нежесткого типа (включая асфальтобетон), а также со сборными железобетонными покрытиями при глубине болот до 5-6 м.

2. Метод основан на том, что время достижения заданной осадки основания зависит от величины действующей нагрузки и уменьшается с ее ростом (рис.1).

3. Метод заключается в том, что к поверхности насыпи проектной толщины (высота[x]) плюс проектная осадка) временно прикладывается некоторая дополнительная нагрузка, снимаемая после достижения подошвой насыпи проектной осадки (рис.2).

4. Дополнительную нагрузку (временную пригрузку) можно осуществить путем отсыпки дополнительного слоя грунта, укладки специальных блоков (цементобетонных, металлических и т.п.) или установки и запол-

---

x) В данном случае под высотой насыпи следует понимать расстояние от первоначального уровня поверхности болота до проектной отметки поверхности покрытия дорожной одежды по оси земляного полотна.

нения водой специальных резервуаров. Поскольку на практике обычно используют устройство дополнительного грунтового слоя, рекомендации относятся к этому способу устройства временной пригрузки.

5. Применение временной пригрузки возможно при условии, что она не вызовет нарушения устойчивости основания. Опасность нарушения устойчивости определяют расчетами в соответствии с "Методическими указаниями по проектированию земляного полотна на слабых грунтах".

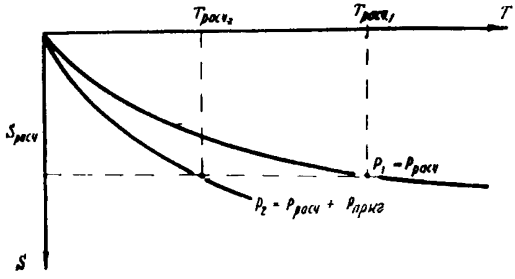


Рис.1. Зависимость времени T достижения заданной осадки S от величины действующей нагрузки P

6. Решение о применении метода временной пригрузки должно приниматься на основе технико-экономического сравнения различных способов ускорения осадки.

Для ускорения осадки насыпи на слабом основании, кроме рассматриваемого метода временной пригрузки, могут быть назначены следующие мероприятия: 1) устройство вертикальных песчаных дрен и дренажных прорезей; 2) частичное удаление слабого грунта.

При выборе конструкции насыпи необходимо учитывать также реально имеющиеся средства механизации, сроки строительства, категорию дороги, глубину и протяженность болота, свойства слагающих его болотных грунтов и другие факторы.

7. Если вопрос о применении временной пригрузки взамен выторфовывания решен положительно, необходимо учитывать, что при оставлении в основании насыпи торфяного слоя толщина насыпного слоя должна быть, как правило, не меньше значений, приведенных в таблице (приложение 1).

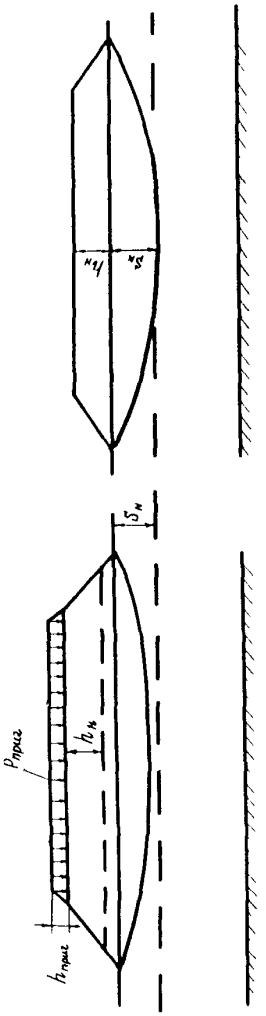


Рис.2. Метод временной пригрузки

Толщина насыпного слоя, указанная в этой таблице, включает толщину слоев дорожной одежды из несвязных материалов и эквивалентную (приведенную к грунту земляного полотна) толщину слоев из материалов, обладающих прочностью на растяжение. В связи с этим в некоторых случаях применение временной пригрузки взамен выторфовывания может потребовать повышения рабочей отметки насыпи.

Возможность применения насыпей, имеющих толщину меньше указанной в таблице приложения 1, требует специальных обоснований динамическими расчетами x).

8. При предварительной оценке целесообразности применения временной пригрузки взамен выторфовывания для болот глубиной до 4 м можно считать, что временная пригрузка окажется экономически эффективным способом при условии:

---

x) Эти расчеты могут быть выполнены, например, в соответствии с "Методическими рекомендациями по учету воздействия транспортной нагрузки при проектировании автомобильных дорог на болотах". (Минск, "Полымя", 1972).

$$h_{приг} < \frac{\left(0{,}5 + \frac{C_в}{C_н}\right) \cdot H_б \cdot 2в}{\left(1 + \frac{C_{уд.п}}{C_н}\right) \cdot B}, \qquad (1)$$

где $h_{приг}$ – требуемая толщина пригрузочного слоя;
$C_в$ – средняя стоимость 1м^3 выторфовывания;
$C_н$ – средняя стоимость 1м^3 насыпного грунта (в деле);
$C_{уд\ п}$ – средняя стоимость удаления 1м^3 пригрузки;
$H_б$ – глубина болота;
B – ширина земляного полотна по верху;
$2в$ – ширина земляного полотна по низу.

Если удаляемый слой пригрузки предполагается использовать для возведения насыпи на соседнем участке, то в формуле (1) следует полагать $C_{уд\ п} = 0$.

9. Следует также учитывать, что в обычных условиях по технологическим соображениям толщина пригрузочного слоя практически не может быть менее 0,5 и более 1,5–2 м. Если требуемая толщина пригрузочного слоя оказывается больше 1,5–2 м, следует рассмотреть другие варианты ускорения осадки.

10. Способ временной пригрузки нельзя смешивать со способом перегрузки. Последний применяется для ускорения бокового отжатия слабого грунта и посадки насыпи на плотные грунты, подстилающие слабую толщу, тогда как способ временной пригрузки направлен на ускорение уплотнения слабого грунта при исключении его бокового отжатия.

Расчет требуемой величины временной пригрузки

11. Для расчета конструкции насыпи с временной пригрузкой необходимо определить величину последней

Существуют графический метод расчета и графо-аналитический.

Для расчета требуемой величины временной пригрузки необходимо иметь данные:

а) консолидационных и компрессионных испытаний грунтов слабой толщи;

б) о фактическом строении слабой толщи (геологическое строение, мощность слоя);

в) об условиях отжатия воды из толщи при ее уплотнении под нагрузкой (одностороннее или двустороннее);

г) испытаний грунтов слабой толщи на сдвиг (полевые и лабораторные);

д) о расчетной нагрузке и расчетной осадке слабой толщи (по результатам расчета конструкции насыпи на участке распространения слабых грунтов);

е) о требуемом времени достижения расчетной осадки.

12. Расчет временной пригрузки для насыпей на торфяных болотах при соотношении конечной мощности сжимаемых пластов (т.е. мощности после завершения их сжатия) к ширине насыпи по средней линии (средняя линия трапеции) не более 1-1,5 выполняется исходя из схемы одномерного сжатия (одномерная задача). В этом случае снижение сжимающих напряжений по глубине не учитывают. Расчет осуществляют непосредственно по результатам испытаний грунтов слабой толщи на консолидацию, выполняемых в соответствии с "Методические рекомендации по определению компрессионных консолидационных характеристик слабых грунтов" (М., Союздорнии, 1971).

Графический метод

13. Если консолидационные испытания выполнены в полном объеме (восемь консолидационных кривых: кон-

солидация при четырех различных нагрузках и при двух путях фильтрации), необходимо по расчетным кривым консолидации для образцов при двустороннем отжатии воды (рис.1 приложение 2) установить время $t_{расч}$ достижения расчетной относительной осадки $\lambda_{расч}$ при различных нагрузках и построить график зависимости $t_{расч} = f(P)$ (рис.2 приложение 2).

По этому графику устанавливается величина $t_{расч_1}$, отвечающая расчетной нагрузке $P_{расч}$.

Аналогичным образом необходимо получить $t_{расч_2}$, отвечающее расчетной нагрузке $P_{расч}$, для кривых консолидации, полученных при одностороннем отжатии воды ($h_ф = h$).

14. Поскольку зависимость времени достижения заданной осадки от пути фильтрации описывается выражением

$$t_{расч} = t_{\lambda p} = a_{\lambda p} + b_{\lambda p} \cdot h_ф^2 \text{ x)}, \qquad (2)$$

строят график зависимости в виде прямой $t_{расч} = f(h_ф^2)$ (рис.3 приложение 2). По этому графику находят значения параметров $a_{\lambda p}$ и $b_{\lambda p}$, отвечающие проектной осадке $\lambda_{расч}$ и расчетной нагрузке $P_{расч}$ (рис.3 приложение 2).

15. Требуемое время осадки лабораторного образца (путь фильтрации $h_ф$) на величину $\lambda_{расч}$, соответствующее требуемому времени $T_{треб}$ достижения проектной осадки реальным слоем $H_ф$ определяют по формуле

---

x) Выражение $t_{\lambda p} = a_{\lambda p} + b_{\lambda p} \cdot h_ф^2$, где $t_{\lambda p}$ – время достижения заданной относительной осадки λ при уплотнении под заданной нагрузкой P образцом высотой $h_ф$ (при односторонней фильтрации), $a_{\lambda p}$ и $b_{\lambda p}$ – параметры, зависящие от величины относительной деформации и нагрузки, предложено Союздорнии (Труды Союздорнии, вып.60, М., 1972).

$$t_{треб} = T_{треб} \frac{a_{\lambda_p} + b_{\lambda_p} \cdot h_ф^2}{a_{\lambda_p} + b_{\lambda_p} \cdot H_ф^2} \qquad (3)$$

16. По графику $t_{расч} = f(P)$, соответствующему принятому $\lambda_{расч}$, при расчете по формуле (3) устанавливают величину $P_{треб}$, отвечающую найденной величине $t_{треб}$ (см.рис.2 приложение 2).

Величина временной пригрузки определится как разность между требуемой и проектной нагрузками:

$$P_{приг} = P_{треб} - P_п . \qquad (4,а)$$

Требуемую высоту пригрузочного слоя можно вычислить по формуле

$$h_{приг} = \frac{P_{приг}}{\gamma} , \qquad (4,б)$$

где $P_{приг}$ – требуемая величина временной пригрузки;

γ – средневзвешенный объемный вес грунта пригрузки.

Графо - аналитический метод

17. Если консолидационные испытания выполнены не в полном объеме, для определения величины временной пригрузки можно использовать следующую приближенную зависимость времени T достижения заданной относительной деформации λ слабого грунта при величине уплотняющей нагрузки P

$$T = \frac{a_\lambda + b_\lambda \cdot H_ф^2}{P - P_\lambda} , \qquad (5)$$

где $a_\lambda, b_\lambda, P_\lambda$ – параметры, зависящие от заданной

деформации и определяемые экспериментально;

$H_ф$ – расчетный путь фильтрации воды из сжимаемого слоя.

18. Для определения параметров $a_л$, $b_л$ и $P_л$ необходимо иметь три расчетные кривые консолидации (рис.3):

а) образца высотой h (кривая 2) под расчетной нагрузкой $P_{расч}$ при двустороннем отжатии воды ($h_ф = \frac{h}{2}$);

б) образца высотой h (кривая 1) под нагрузкой $P_1 > P_{расч}$ при двустороннем отжатии воды ($h_ф = \frac{h}{2}$);

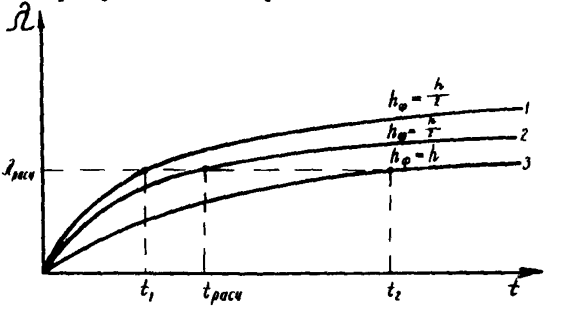


Рис.3. Расчетные кривые консолидации для определения консолидационных характеристик: 1–двустороннее отжатие воды; 2–то же; 3–одностороннее отжатие воды

в) образца высотой h (кривая 3) под нагрузкой $P_{расч}$ (или P_1) при одностороннем отжатии воды ($h_ф = h$).

19. Порядок определения параметров п.17 заключается в следующем.

По кривой 2 устанавливаем время $t_{расч}$, соответствующее расчетной (проектной) относительной деформации $Л_{расч}$.

По кривой 1 устанавливаем время t_1, соответствующее той же относительной деформации $Л_{расч}$.

Используя выражение (5) для кривой 2 и 1, и учитывая, что при $Л = const$ $a_л$ и $b_л$ также являются

постоянными, получаем систему уравнений

$$\begin{cases} t_{расч} = \dfrac{N_{\lambda h}}{P_{расч} - P_{\lambda}}; \\ t_1 = \dfrac{N_{\lambda h}}{P_1 - P_{\lambda}}, \end{cases} \qquad (6)$$

где $N_{\lambda h} = a_{\lambda} + b_{\lambda} \cdot h_{\varphi}^2$ при заданном λ - функция только расчетного пути фильтрации h_{φ}.

Учитывая, что кривые 2 и 1 получены для одного и того же пути фильтрации ($h_{\varphi} = \frac{h}{2}$), после решения системы уравнений (6) получаем

$$P_{\lambda} = \frac{t_{расч} \; P_{расч} - t_1 P_1}{t_{расч} - t_1}. \qquad (7)$$

Для определения параметров a_{λ} и b_{λ} по кривой консолидации 3 устанавливаем время t_2 достижения расчетной относительной осадки $\lambda_{расч}$

Используя выражение (5) для кривых 2 и 3, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} t_{расч} = \dfrac{a_{\lambda} + b_{\lambda}\left(\frac{h}{2}\right)^2}{P_{расч} - P_{\lambda}}; \\ t_2 = \dfrac{a_{\lambda} + b_{\lambda} \; h^2}{P_{расч} - P_{\lambda}}. \end{cases} \qquad (8)$$

Решая ее относительно a_{λ} и b_{λ}, получаем

$$b_{\lambda} = \frac{(P_{расч} - P_{\lambda})(t_2 - t_{расч})}{0{,}75 \cdot h^2}; \qquad (9)$$

$$a_л = \frac{(P_{расч} - P_л)(4t_{расч} - t_2)}{3} \qquad (10)$$

20. Требуемая величина временной пригрузки, обеспечивающая возможность достижения реальным слоем $H_ф$ заданной осадки за требуемое время $T_{треб}$ устанавливается по формуле

$$P_{приг} = \frac{a_л + b_л \cdot H_ф^2}{T_{треб}} + P_л - P_{расч} \qquad (11)$$

При определении параметров $a_л$, $b_л$ и $P_л$ по формулам (7), (9), (10), а также $P_{приг}$ по формуле (11) необходимо соблюдать размерность величин при подстановке в формулы.

21. При использовании в расчетах решений теории фильтрационной консолидации величину требуемой временной пригрузки $P_{приг}$ можно определить по формуле

$$P_{приг} = P_{расч}\left(\frac{1{,}23}{e^{\frac{2{,}46 \cdot T_{расч} C_к}{H_ф^2}} - 1{,}23}\right), \qquad (12)$$

где $C_к$ – коэффициент консолидации, определяемый в опыте на компрессию или расчетом по "Методическим рекомендациям"

22. Суммарная величина проектной нагрузки и полученной расчетом требуемой временной пригрузки в момент приложения последней не должна превышать величину безопасной нагрузки.

При расчете величины безопасной нагрузки следует принимать прочностные характеристики грунта основания, достигнутые к моменту приложения временной пригрузки.

Если величина приложенной проектной нагрузки плюс временной пригрузки больше величины безопасной нагрузки, то временную пригрузку следует прикладывать по частям (как в методе предварительной консолидации) или дополнительно принимать специальные конструктивные меры по повышению устойчивости основания (см. "Методические указания по проектированию земляного полотна на слабых грунтах").

23. Дополнительных специальных мероприятий по обеспечению устойчивости не требуется, и время начала отсыпки временной пригрузки не регламентируется при соблюдении условия:

$$P_{приг} + P_{расч} < P^{нач}_{безI} \qquad (13)$$

Если $P^{нач}_{безI} < P_{приг} + P_{расч} < P^{кон}_{безI}$, (14)

для обеспечения устойчивости основания насыпи заданной высоты необходимо ограничить интенсивность отсыпки временной пригрузки применив метод предварительной консолидации.

При этом, если

$$P_{расч} < P^{нач}_{без}, \qquad (15)$$

режим отсыпки самой насыпи не ограничивается, а лишь устанавливается время начала и режим отсыпки временной пригрузки.

Если

$$P_{приг} + P_{расч} > P^{кон}_{безI}, \qquad (16)$$

временная пригрузка не может быть осуществлена без принятия специальных конструктивных мер по обеспечению устойчивости основания (уположение откосов, устройство боковых берм, свай и т.п.).

В формулах (13) - (16) $P^{нач}_{без\,1}$ - безопасная нагрузка, вычисленная по условию быстрой отсыпки слоя временной пригрузки и применительно к степени консолидации основания, достигнутой к моменту приложения временной пригрузки; $P^{кон}_{без\,1}$ - безопасная нагрузка при медленной отсыпке слоя временной пригрузки.

Особенности технологии сооружения насыпей с временной пригрузкой

24. Технология сооружения самой насыпи принципиально не отличается от обычно применяемой технологии сооружения насыпей на болотах без выторфовывания. Возведение насыпи следует начинать с отсыпки рабочей платформы - слоя из песчаного грунта. Толщина такого слоя должна быть, как правило, не менее 0,8-1,0 м.

Вследствие быстрого уплотнения и упрочнения торфяных грунтов даже быстрая отсыпка такого слоя обычно не вызывает опасности бокового выдавливания.

В тех случаях, когда быстрая отсыпка рабочей платформы может вызвать боковое выдавливание слабого грунта, в проекте необходимо указывать допустимую по условию быстрой отсыпки толщину этого слоя.

25. Рабочая платформа должна обеспечивать беспрепятственное движение землеройно-транспортных средств, занятых на возведении насыпи. Для этого наряду с условием общей толщины слоя (0,8-1,0 м) необходимо, чтобы в течение всего времени, пока по поверхности платформы будет осуществляться движение машин, верх ее располагался бы не ближе 0,2 м от уровня грунтовых вод. Исходя из этого условия, толщина слоя платформы при совпадении уровня грунтовых вод с поверхностью болота должна быть не менее

$$h_{min} \geq \frac{0{,}2\left(1+\alpha\,\frac{(\gamma_п-\gamma_п^в)\cdot H}{E}\right)}{1-\alpha\,\frac{\gamma_п^в\cdot H}{E}}\ \text{м}, \qquad (17)$$

где $\gamma_п$, $\gamma_п^в$ – объемный вес грунта платформы без учета взвешивания; в первом приближении принимается равным 1 т/м³;

H – глубина болота (мощность сжимаемых слоев), м;

E – средневзвешенный модуль деформации слабой толщи, тс/м²,

$$E = \frac{E_1\cdot H_1 + E_2 H_2 + \ldots + E_i\cdot H_i}{H_1 + H_2 + \ldots + H_i};$$

H_i – мощность отдельных слоев, слагающих слабую толщу, м;

E_i – модуль деформации этих слоев, тс/м²; в первом приближении принимается по таблицам 1 и 2, приведенным в "Методических указаниях" применительно к нагрузке Р=0,6 кгс/см²;

α – коэффициент, учитывающий ограниченность времени выдерживания слоя рабочей платформы; в первом приближении можно принимать равным 0,8–0,9.

26. Максимальная толщина слоя рабочей платформы определяется условиями устойчивости основания и в первом приближении может быть установлена по формуле

$$h_{доп} = \frac{3{,}14\cdot C_{ус}}{\gamma_п}, \qquad (18)$$

или, упрощенно, $h_{доп} \approx 2\,C_{ус}$, (19)

где $C_{ус}$ – условное сцепление грунта слабой толщи, определяемое по результатам испытаний крыльчаткой (в расчет берется минимальное значение по глубине), тс/м²;

$\gamma_п$ – объемный вес грунта платформы; в первом приближении допускается принимать равным 1,5 т/м^3.

27. Рабочую платформу, так же как и последующие слои насыпи, необходимо отсыпать равномерно на всю ширину насыпи для исключения возможности бокового выдавливания слабого грунта.

28. Если толщина слоя по условию (17) окажется больше допустимой (18) рабочую платформу необходимо отсыпать послойно и учитывать возможность осадки отсыпаемых слоев ниже уровня грунтовых вод.

Если этот участок расположен таким образом, что для возведения рабочей платформы на соседнем участке необходим проезд через рассматриваемый участок, можно принять одно из двух решений в зависимости от конкретных условий:

а) обеспечить интенсивное возведение рабочей платформы на последующем участке с тем, чтобы закончить работы по ее отсыпке до завершения погружения платформы на опасном участке ниже уровня, допустимого по условию проходимости машин, формула (17);

б) если нельзя обеспечить достаточную интенсивность работ, следует поддерживать возможность проезда по погружающемуся участку платформы путем постоянной подсыпки в средней его части (по поперечнику) слоя грунта, обеспечивающего движение машин.

В последнем случае необходимо учитывать опасность бокового выдавливания слабого грунта.

29. Рабочую платформу следует отсыпать, как правило, из песчаного грунта. В этом случае работы по уплотнению отсыпаемого грунта можно свести до минимума.

30. Рабочую платформу и нижнюю часть насыпи следует уплотнять в зависимости от условий строительства.

Летом для уплотнения можно применять легкие вибрационные катки. Следует использовать также уплотняющие возможности землеройно-транспортных машин.

Для уплотнения грунта, погружающегося ниже уровня грунтовых вод, уже в процессе отсыпки можно применять глубинные вибраторы или гидроуплотнители.

31. Земляное полотно с временной пригрузкой можно сооружать как летом, так и зимой, но предпочтение следует отдавать сооружению в летнее время, особенно при отсыпке нижней части насыпи, включая так называемую рабочую платформу.

Если такая возможность отсутствует, нижние слои насыпи можно отсыпать непосредственно на промерзший верхний слой болота, предварительно очистив поверхность от снега. Общая толщина отсыпаемых слоев не должна превышать величины, устанавливаемой по условию п.26.

Во избежание резкой просадки основания насыпи и потери им устойчивости последующие слои насыпи (если они требуются) следует отсыпать лишь после оттаивания промерзшего слоя болота и достижения степени уплотнения болотных грунтов, обеспечивающей возможность передачи последующих ступеней нагрузки.

32. Для устройства слоя временной пригрузки следует по возможности использовать песчаный грунт или тот же грунт, из которого сооружается верхняя часть насыпи. Специального уплотнения этого слоя не требуется.

33. Технология устройства и снятия слоя временной пригрузки, а также способ дальнейшего использования грунта этого слоя зависят от конкретных условий, в том числе:

а) от протяженности перехода через болота;

б) протяженности участка с временной пригрузкой;

в) общего объема грунта, идущего на устройство временной пригрузки;

г) срока строительства и времени года;

д) количества и вида землеройно-транспортных средств.

34. При небольшой (до 100-300 м) протяженности участка, сооружаемого с временной пригрузкой, целесообразно временную пригрузку устраивать сразу на всем участке по схеме "от себя". Грунт в этом случае транспортируют автомобилями-самосвалами или скреперами. После выдерживания временной пригрузки в течение требуемого времени, ее снимают. Для максимального использования времени следует таким образом организовать работы, чтобы интенсивность удаления временной пригрузки соответствовала интенсивности ее отсыпки. В этом случае удаление пригрузки необходимо начинать с того же конца участка, с которого отсыпали.

35. При значительной протяженности участка (более 100-300 м) временную пригрузку можно первоначально отсыпать не на всей длине участка, а лишь на одной части (захватке) и после выдерживания до момента достижения расчетной осадки перемещать на последующие захватки.

Слой пригрузки в этом случае можно перемещать с помощью скреперов или бульдозеров, отвалы которых оборудованы открылками.

Если позволяют сроки строительства, то звенья, работающие на перемещении временной пригрузки, и длину захваток следует согласовывать таким образом, чтобы время, требуемое на удаление слоя пригрузки с одной захватки, равнялось бы требуемому времени выдерживания пригрузки. В этом случае обеспечивается непрерывность работ на участке.

При расчете звеньев следует использовать зависимость:

$$T_{стр} = n \cdot T_{трев} + T_{нас} , \qquad (20)$$

где $T_{стр}$ – время строительства участка;

n – число захваток;

$T_{треб}$ – требуемое время выдерживания временной пригрузки;

$T_{нас}$ – время, требуемое для устройства основной насыпи.

$$П_{отс} = \frac{V_з}{T_{треб}} = \frac{V_{уч}}{n \; T_{треб}}, \qquad (21)$$

где $П_{отс}$ – требуемая производительность звенье в по отсыпке или перемещению временной пригрузки;

$V_з$ – объем земляных работ по устройству пригрузки на одной захватке, равный $V_{уч}/n$,

$V_{уч}$ – общий объем земляных работ по устройству пригрузки на участке.

36. Если производительность звена по отсыпке временной пригрузки в силу тех или иных причин ограничена (большая дальность возки, отсутствие требуемого количества транспортных средств и т.п.), следует установить необходимую длину захватки $\ell_з$ исходя из фактической производительности звена $П_{отс}$ и условия, что время отсыпки временной пригрузки на захватке не должно превышать требуемого времени выдерживания пригрузки $T_{треб}$

$$\ell_з = \frac{V_з}{h_{приг} \; B} = \frac{П_{отс} \; T_{треб}}{h_{приг} \; B}, \qquad (22)$$

где $h_{приг}$ – толщина слоя временной пригрузки;

B – средняя ширина этого слоя.

В этом случае целесообразно, чтобы производи -

тельность звена по перемещению временной пригрузки соответствовала производительности звена по отсыпке. Общее время строительства участка в этом случае составит

$$T_{стр} = T_{нас} + \frac{\mathcal{L}}{\ell_з} \cdot T_{тред} \quad , \qquad (23)$$

где $\mathcal{L}$ – общая длина участка;

$\ell_з$ – длина захватки;

$\frac{\mathcal{L}}{\ell_з} = n$ – число захваток.

Примеры определения числа захваток, требуемой производительности звеньев по отсыпке или перемещению, а также длины захватки приведены в приложении 3.

37. Необходимым условием эффективности временной пригрузки является своевременное ее снятие. С этой целью график производства работ на участке составляют таким образом, чтобы исключалась передержка временной пригрузки.

38. Грунт временной пригрузки следует по возможности использовать для возведения насыпей на близлежащих участках строящейся дороги. В этом случае обеспечиваются оптимальные с точки зрения строительных затрат условия применения временной пригрузки.

В случаях, когда по тем или иным причинам нет возможности или нецелесообразно использовать грунт временной пригрузки на соседних участках, последний может быть вывезен в отвал или уложен в призмы вблизи подошвы насыпи. В зависимости от условий это можно осуществить с помощью бульдозера или экскаватора-драглайна (с последующим разравниванием бульдозером).

В отдельных случаях при небольшом объеме грунта его можно укладывать на откосы насыпи, по возможности в нижнюю часть. При этом следует учитывать, что

откосная часть насыпи в результате этого даст некоторую дополнительную осадку. В этом случае необходимо предусматривать специальные работы по уплотнению грунта, укладываемого на откосы.

Специальные наблюдения в процессе производства работ при сооружении насыпей с временной пригрузкой

39. В процессе проведения работ необходимо строго следить за соблюдением всех указаний и условий, оговоренных в проекте, особенно в отношении интенсивности отсыпки насыпи, сроков устройства и снятия временной пригрузки.

Следует помнить, что преждевременное снятие пригрузки может повлечь за собой последующие недопустимые осадки насыпи. То же самое может возникнуть при передержке временной пригрузки, так как толщина снимаемого слоя окажется меньше расчетной и, следовательно, оставшаяся действующая нагрузка будет больше расчетной. В этом случае, кроме того, будут излишние потери грунта в результате превышения расчетной осадки основания насыпи.

40. Особое внимание в процессе производства работ следует уделить наблюдениям за деформациями основания насыпи. С этой целью на участке необходимо установить специальные осадочные марки (приложение 4) либо непосредственно на поверхности болота, либо на поверхности рабочего слоя. В последнем случае в момент установки марки необходимо определить бурением положение подошвы рабочего слоя, т.е. верха слабой толщи под насыпью.

Осадочные марки следует устанавливать на поперечниках, отстоящих друг от друга не далее 50-100 м. В зависимости от местных условий на поперечнике долж-

на быть одна марка (по оси) или три (по оси и по бровкам).

В обязательном порядке марки должны быть установлены на расчетных поперечниках, указанных в проекте.

При определении числа марок следует учитывать, что до 25% марок обычно выходит из строя в процессе производства работ.

41. Кроме осадочных марок, необходимо по линии подошвы откосов через 10-20 м выставить колья или вешки. Последние будут служить для контроля возможных боковых деформаций основания.

42. По маркам необходимо вести нивелировку. В процессе проведения работ следует контролировать высотное положение марок в начале первой смены и в конце последней. По результатам нивелировки сразу строится график положения подошвы насыпи (рис.4).

Кроме нивелировки, в конце каждой смены контролируется фактическая толщина слоя, отсыпанного за смену, и определяется объемный вес грунта в этом слое в соответствии с действующими нормами. По результатам контроля строят график фактического режима отсыпки насыпи (рис.5).

43. В случае, если положение кольев, выставленных по линии подошвы насыпи, будет свидетельствовать о наличии существенных боковых смещений грунта основания, необходимо прекратить возведение насыпи на этом участке и вызвать представителей проектной организации для проведения контрольного обследования состояния основания насыпи (бурение и испытания на сдвиг) и принятия решения об условиях дальнейшей отсыпки.

44. В случаях, когда в процессе строительства не были получены данные по осадкам марок или эти данные недостаточно полны, необходимо перед устройством временной пригрузки провести контрольное бурение и

нивелировку с целью выявить фактическое высотное положение подошвы насыпи и ее верха. После этого необходимо установить осадочные марки на поверхность насыпи и проконтролировать по этим маркам ход осадки основания насыпи в процессе и после завершения устройства пригрузочного слоя.

45. В ряде случаев фактические данные могут существенно отличаться от расчетных. Тогда расчетные

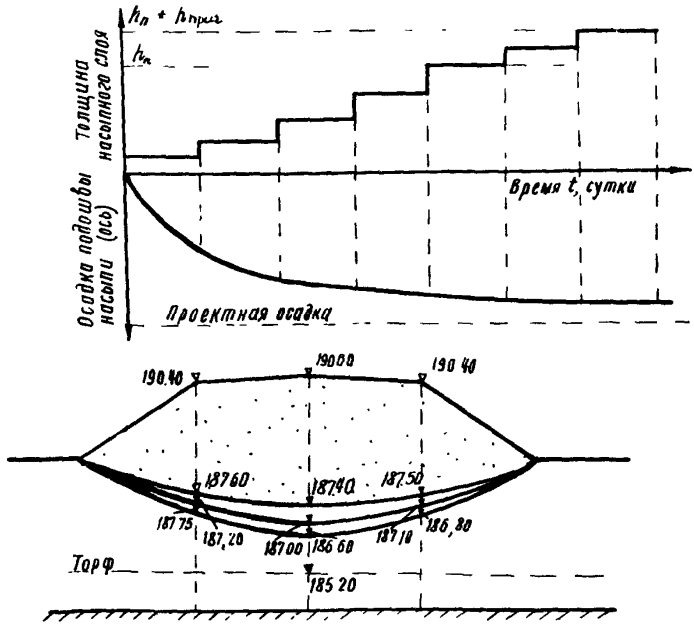


Рис.4. Регистрация положения подошвы насыпи по результатам нивелировки

$h_п + h_{пригр}$ –толщина с пригрузкой; $h_п$ –проектная толщина;
▼ –проектная отметка; ▽ –отметки в процессе отсыпки

параметры насыпи (расчетную осадку, время выдерживания временной пригрузки, интенсивность отсыпки насыпи и т.п.) следует уточнять на основе результатов наблюдений за фактическими осадками насыпи. Основанием для тех или иных решений могут быть графики фактического режима возведения насыпи и фактического хода осадки основания насыпи во времени. В необходимых случаях должны быть также представлены результаты контрольного бурения и испытания грунтов слабой толщи под насыпью.

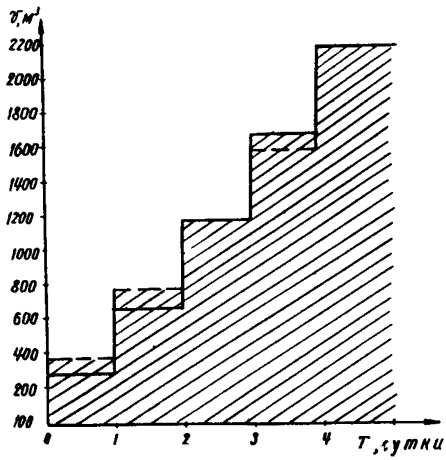


Рис.5. График фактического режима отсыпки насыпи
– – –-проектный режим отсыпки на захватке; —— фактический

46. По результатам нивелировки устанавливают величину осадки за определенный промежуток времени, т.е. интенсивность осадки.

Если интенсивность осадки насыпи с временной пригрузкой не превышает 10-20 см/год, то временную пригрузку можно снять.

47. После снятия пригрузки следует провести контрольное обследование насыпи и ее основания (выполняется проектной организацией), а также провести наблюдения за осадкой (или поднятием) поверхности насыпи по маркам, установленным на ее поверхности.

Насыпь считается пригодной для немедленного устройства дорожной одежды капитального типа, если интенсивность ее осадки не превышает 5-10 см/год.

Эта интенсивность осадки считается допустимой для дорожной одежды. Следует учесть также, что со временем интенсивность падает.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Минимальная толщина насыпного слоя для автомобильных дорог на участках торфяных болот

Начальная мощность слабого слоя, м	Минимальная толщина насыпного слоя в зависимости от дорожной одежды или от типа дорожных покрытий, м		
	капитальных	облегченных	переходных
2	2,5	2,0	1,5
4	3,0	2,5	2,0
6	4,0	3,5	3,0
8 и более	4,5	4,0	3,5

Пример расчета величины временной пригрузки

Исходные данные:

1. Насыпь: расчетная высота 2 м; ширина по верху 12 м; откосы 1:1,5; объемный вес грунта насыпи 2 т/м^3; расчетная нагрузка на основание от насыпи после завершения осадки 0,5 кгс/см^2.

2. Основание насыпи: слой торфа 3 м подстилается мелкозернистым песком (отжатие воды при уплотнении двустороннее). Проектная величина относительной осадки основания $\lambda_{нрн}$ = 0,33.

Требуемое время достижения проектной осадки $T_{треб}$ = 7 месяцев.

Расчет величины временной пригрузки

Графический способ

Принимаем $\lambda_{расч}$ =0,3, т.е. все расчеты ведем к моменту достижения основанием под расчетной нагрузкой P =0,5 кгс/см^2 степени уплотнения 90%.

По кривым консолидации образца высотой h =2 см (рис.1) устанавливаем время $t_{расч}$ достижения расчетной относительной осадки $\lambda_{расч}$ = 0,30 при различных нагрузках и двух путях фильтрации; строим графики зависимости $t_{расч} = f(P)$ (рис.2).

По графикам устанавливаем величины $t_{расч_2}$ = 650 мин и $t_{расч_1}$ = 1350 мин, отвечающие расчетной нагрузке $P_{расч}$ = 0,5 кгс/см^2 соответственно при дву- и одностороннем отжатии воды.

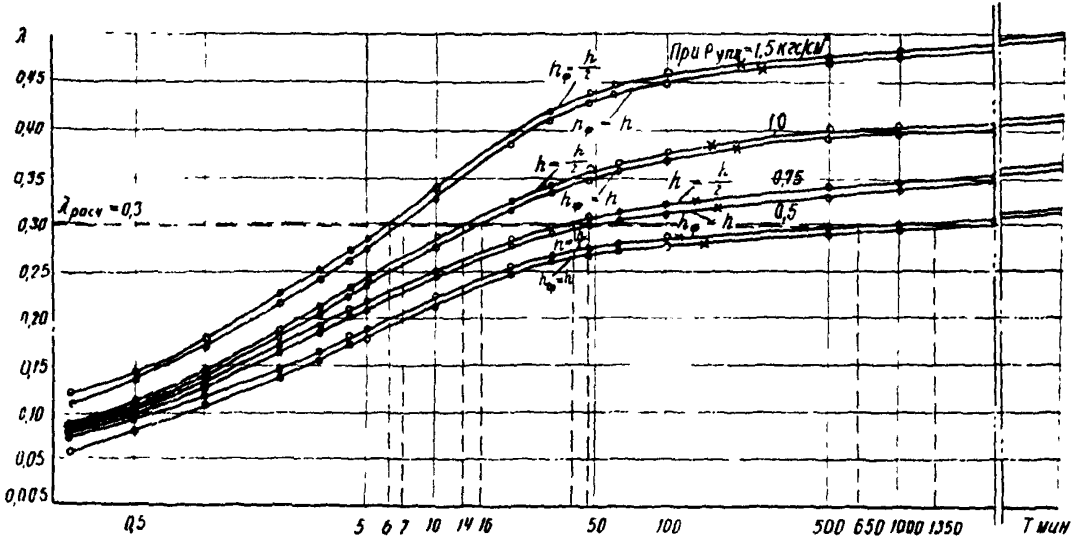


Рис.1. Кривые консолидации $\lambda = f(\lg T)$ (торф с участка автомобильной дороги Москва–Рига при h =2 см

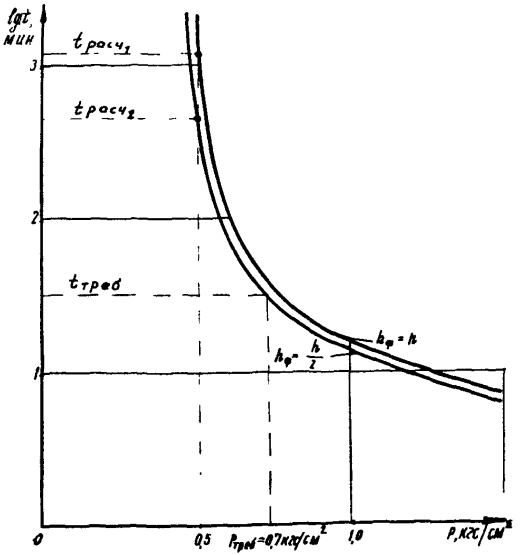


Рис.2. Зависимость времени достижения $\lambda_{расч}$=0,3 от нагрузки

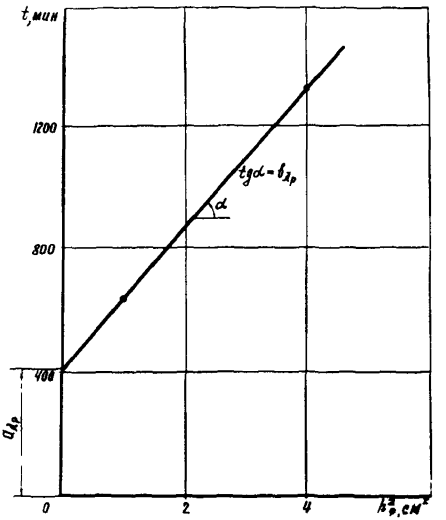


Рис.3. Зависимость времени достижения расчетной относительной деформации от квадрата высоты образца

Затем строим график зависимости времени достижения расчетной относительной деформации λ =0,3 от квадрата высоты образца $t_{расч} = f(h_\varphi^2)$ (рис. 3). По этому графику находим значения параметров a_{λ_p} = 417 мин и b_{λ_p} = 233 мин/см^2, отвечающие расчетной осадке $\lambda_{расч}$ = 0,3 и расчетной нагрузке $P_{расч}$ = 0,5 кгс/см^2 (см.рис.3).

Требуемое время осадки лабораторного образца (путь фильтрации $h_\varphi = \frac{h}{2}$ = 1 см) на величину $\lambda_{расч}$ = 0,3, соответствующее требуемому времени $T_{треб}$ =7 месяцев достижения расчетной осадки ($\lambda_{расч}$ = 0,3) реальным слоем, определим по формуле

$$t_{треб} = T_{треб} \frac{a_{\lambda_p} + b_{\lambda_p} \cdot h_\varphi^2}{a_{\lambda_p} + b_{\lambda_p} \cdot H_\varphi^2} =$$

$$= 303100 \cdot \frac{417 + 233 \cdot 1}{417+233\ (150)^2} = 37{,}6 \text{ мин.}$$

По графику $t_{расч} = f(P)$ для $h = \frac{h_\varphi}{2}$ = 1 см (см.рис.2) устанавливаем величину уплотняющей нагрузки $P_{треб}$ = 0,7 кгс/см^2, отвечающую найденному времени $t_{треб}$ = 37,6 мин.

Величина временной пригрузки будет равна:

$$P_{прит} = P_{треб} - P_n = 0{,}7-0{,}5 = 0{,}2 \text{ кгс/см}^2.$$

Графо - аналитический способ

Для определения величины временной пригрузки используем приближенную зависимость $T = f(P)$;

$$T = \frac{a_\lambda + b_\lambda \cdot H_\varphi^2}{P - P_\lambda}.$$

Определим параметры $a_л$, $b_л$, $P_л$

По кривой консолидации образца (см.рис.1) высотой h = 2 см под расчетной нагрузкой $P_{расч}$ = 0,5 кгс/см^2 при двустороннем отжатии воды устанавливаем время, соответствующее $л_{расч}$ = 0,3, $t_{расч}$ = 650 мин.

По кривой консолидации образца (см.рис.1) под нагрузкой P_1 = 1 кгс/см^2 при двустороннем отжатии воды устанавливаем время, соответствующее $л_{расч}$ =0,3, t_1 = 14 мин. Из уравнения находим

$$P_л = \frac{t_{расч} \cdot P_{расч} - t_1 \cdot P_1}{t_{расч} - t_1} = \frac{650 \cdot 0{,}5 - 14 \cdot 1}{650 - 14} =$$

= 0,488 кгс/см^2.

По кривой консолидации образца (см.рис.1) под нагрузкой $P_{расч}$ = 0,5 кгс/см^2 при односторонн е м отжатии воды устанавливаем время t_2 =1350 мин достижения $л_{расч}$ = 0,3.

Параметры $a_л$ и $b_л$ находим из выражений:

$$a_л = \left(P_{расч} - P_л\right) \cdot \frac{4t_{расч} - t_2}{3};$$

$$b_л = \frac{(t_2 - t_{расч})(P_{расч} - P_л)}{0{,}75\, h^2};$$

$$a_л = (0{,}5 - 0{,}488) \cdot \left(\frac{4 \cdot 650 - 1350}{3}\right) = 5 \text{ мин};$$

$$b_л = \frac{(1350 - 650) \cdot (0{,}5 - 0{,}488)}{3} = 2{,}8 \text{ мин/см}^2.$$

Устанавливаем величину временной пригрузки

$$P_{прит} = \frac{a_л + b_л \cdot H_ф^2}{T_{треб}} + P_л - P_{расч} =$$

$$= \frac{5 + 2{,}8 \cdot (150)^2}{303100} + 0{,}488 - 0{,}5 = 0{,}196 \text{ кгс/см}^2$$

Пример расчета требуемой производительности звена по перемещению временной пригрузки

Исходные данные:

Протяженность участка $\mathcal{L}$ = 1000 м.

Проектная высота насыпи $h_{нас}$ = 2 м, ширина по верху B = 12 м. Откос m = 1:1,5, высота пригрузочного слоя $h_{приг}$ = 1 м. Отсюда общий объем земляных работ по отсыпке пригрузочного слоя 12x1x1000 = 12000 м^3.

Время, требуемое для устройства насыпи $T_{нас}$ = 4 месяца.

Время выдерживания временной пригрузки $T_{треб}$= 2 месяца.

Время строительства $T_{стр}$ = 8 месяцев.

Расчет

1) Определяем количество захваток из выражения

$$T_{стр} = n \cdot T_{треб} + T_{нас}; \quad n = \frac{T_{стр} - T_{нас}}{T_{треб}}; \; n=2$$

Таким образом, при заданных сроках строительства работу *целесообразно вести на двух захватках.*

2) Определяем объем земляных работ по устройству пригрузки на захватке

$$V_з = \frac{V_{приг}}{n} = \frac{12000}{2} = 6000 \text{ м}^3.$$

3) Производительность звена по отсыпке или перемещению грунта слоя временной пригрузки составит:

$$П_{отс} = \frac{V_{приг}}{n \cdot T_{треб}} = \frac{12000}{2x2} = 3000 \text{ м}^3/\text{месяц}$$

или при двухсменной работе 1500 $м^3$/месяц.

При выборе механизмов для перемещения данного объема грунта следует учитывать, что дальность перемещения составляет 500 м.

Если производительность звена по отсыпке ограничена, например, $П_{отс}$ =2600 $м^3$/месяц, то длину захватки устанавливают исходя из фактической производительности и требуемого времени выдерживания пригрузки

$$l_з = \frac{П_{отс} \cdot T_{треб}}{h_{приг} \cdot B} = \frac{2600 \cdot 2}{1 \cdot 12} = 400 \text{ м}$$

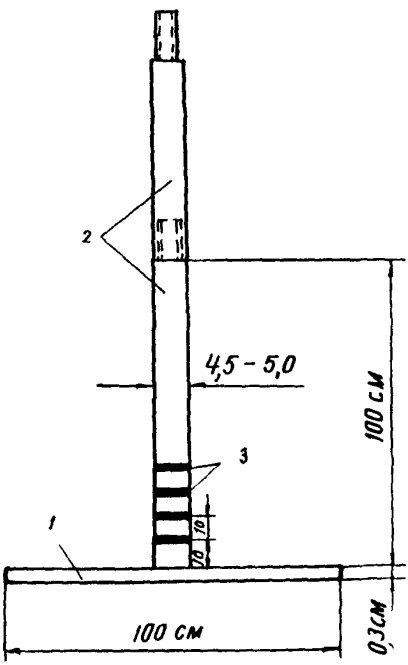
Общее время строительства участка в этом случае составит

$$T_{стр} = T_{нас} + \frac{L}{l_з} \cdot T_{треб} = 4 + \frac{1000}{400} \cdot 2 = 9 \text{ месяцев.}$$

Конструкция осадочных марок

Осадочная марка (репер) представляет собой металлическую плиту *1* или сварную решетку из полос шириной 15–20 см, толщиной 2–3 мм и размерами в плане 1x1 м. Перпендикулярно к плите в ее центре приваривается труба *2* диаметром 4,5–5,0 см и длиной 1 м (см. рисунок).

По мере роста осадки и толщины насыпного слоя трубу наращивают последовательно навинчивая метровые отрезки, одновременно маркируя их масляной краской *3*.



Конструкция осадочной марки

Журнал производства работ на участке с временной пригрузкой

(форма)

Участок ПК+ -ПК+ Захватка № 1 ПК+ - ПК+

Расчетное время выдерживания слоя временной пригрузки . . .

Дата	Поперечник	Вид работ	Проектные данные				Фактические данные			Общий объем насыпного слоя на захватке	Примечание
			Толщина насыпного слоя	Толщина насыпного слоя на данное число	Отметка подошвы насыпи	Общий объем на захватке	Толщина насыпного слоя в конце последней смены	Отметки подошвы насыпи: начало первой смены	Отметки подошвы насыпи: конец второй смены		
1/У1	1	Отсыпка слоя пригрузки	1,0	0,5	100,72	4150	0,5	100,22	100,72	3975	
	2		1,2	0,7	100,60		0,6	100,00	100,60		
	3		1,0	0,5	100,40		0,5	99,90	100,40		