

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Зурнаджи В. А.

**ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА
НА СИЛЬНОДЕФОРМИРУЕМЫХ
ОСНОВАНИЯХ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Работа выполнена в Ростовском
инженерно-строительном
институте

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1959 год

НТБ
ДНУЖТ

ВВЕДЕНИЕ

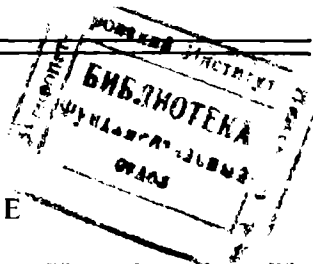
В соответствии с решениями партии и правительства в настоящее время осуществляется строительство промышленных предприятий и жилищно-гражданских зданий в очень больших масштабах, особенно в Средней Азии, Восточной и Западной Сибири, на Дальнем Востоке и на Севере страны.

На территории этих районов строители встречаются со сложными грунтовыми условиями. На большей части Украины, на юге РСФСР, в республиках Средней Азии простираются лессовидные просадочные грунты. В Белоруссии, в Прибалтийских республиках, на Востоке и Севере нашей страны распространены различные, сложные по составу и свойствам, рыхлые слабые и часто водонасыщенные грунты. Такие грунты на площади, составляющей около 40% территории страны, находятся в зоне вечной мерзлоты.

Все в больших масштабах возникает необходимость строить на насыпных и намывных грунтах, а также на площадках в районах горных выработок с последующей подработкой зданий. Основной особенностью всех названных грунтов является их сильная сжимаемость.

Правильный расчет основания по деформациям не может быть построен в отрыве от сооружения. Осуществление идеи о рассмотрении совместной работы основания и сооружения, играющей все большую роль в современной теории сооружений, становится обязательным при расчете и проектировании на сильносжимаемых основаниях. В этом отношении наибольшее внимание привлекают к себе вопросы проектирования и строительства на лессовидных просадочных и на вечномерзлых грунтах, так как они занимают более 70% всей территории страны, где масштабы строительства обширны и в дальнейшем будут еще более возрастать.

Главнейшей особенностью мерзлых и лессовидных грунтов является то, что первые при оттаивании, а вторые при замачивании водой дают просадки. Просадочные деформации часто во много раз превышают деформации сжатия от нагрузки мерзлых или лессовидных незамоченных грунтов. Вместе с тем в настоящее время строительство на этих грунтах ведется без должного учета **просадочных деформаций**. На мерзлых грун-



1375а

тах, в основном, строят по принципу осуществления мероприятий, направленных на сохранение мерзлого состояния грунта, а на лессовидных просадочных грунтах — по принципу осуществления мероприятий, защищающих грунты от замачивания. При таком методе строительства полагают, что оттаивание или замачивание оснований не произойдут в течение всего периода эксплуатации сооружений (50—100 лет и более), и согласно НИТУ расчет по деформациям этих оснований можно не производить.

Как показала практика строительства, в действительности очень часто происходит оттаивание мерзлых и замачивание лессовидных оснований, вследствие чего возникают неравномерные просадки грунтов.

В результате от неравномерных просадок оснований в сооружениях часто возникают большие дополнительные усилия и деформации, наносящие конструкциям повреждения, а иногда и разрушающие их.

Таким образом, основным недостатком преобладающих в настоящее время методов строительства на мерзлых и просадочных грунтах является учет просадочной части деформации этих грунтов.

Исходя из описанных условий, нами поставлена задача **разработки метода расчета лессовидных просадочных оснований по деформациям с учетом не только осадочной, но и просадочной части деформации грунта.**

В основу метода положено исследование некоторых главных фактов, обуславливающих вероятность проявления просадки грунта.

Учитывая, что различные слабые и рыхлые грунты часто отличаются разнородностью и что в общей их деформации значительную долю составляют не упругие, а остаточные деформации, очень важно разработать способ расчета совместной деформации такого неоднородного основания и сооружения. В настоящей работе изложен вариант расчета совместной деформации сооружения и неравномерно сжимаемого основания, обладающего переменным коэффициентом постели и переменным отношением между остаточной и упругой деформациями. Сделан также обзор современного состояния вопросов проектирования и строительства на природных слабых грунтах, на насыпных лессовидных просадочных, вечно мерзлых грунтах и над горными выработками. Все эти грунты отнесены к одной категории сильносжимаемых грунтов. Вопросы, затронутые в диссертации в соответствии с поставленной задачей, изложены в пяти главах.

ГЛАВА 1.

Методы проектирования и строительства на сильносжимаемых основаниях могут разрабатываться и постоянно совершенствоваться только на основе строительства реальных объектов, наблюдения за условиями их работы и обобщения полученных данных. В течение последних 15 лет, наряду с обычными условиями и приемами строительства, у нас были построены сотни и тысячи сооружений в разнообразной, сложной грунтовой обстановке.

В результате накоплен значительный опыт строительства на сильносжимаемых грунтах. Выявлены новые и уточнены известные свойства грунтов и их работа в основаниях сооружений, более подробно изучены свойства сооружений и их взаимодействия с основаниями, осуществлены различные методы приспосабливания сооружений к особенностям оснований, разработаны новые приемы эксплуатации сооружений и т. д.

Однако этот опыт еще недостаточно обобщен и популяризирован. Даже в наших журналах крайне редко освещаются примеры строительства на сильносжимаемых основаниях и данные наблюдений за работой сооружений и их оснований.

В литературе известна только одна работа В. Д. Васильева, посвященная строительству зданий на сильносжимаемых грунтах, где описано возведение нескольких зданий в Ленинграде еще в период 1936—1938 гг.

На основании выполненного автором исследования и личного опыта осуществленного строительства в сложных грунтовых условиях в этой главе дан краткий обзор существующих методов строительства на грунтах природного происхождения, пыльных, вечномёрзлых, лессовидных просадочных, над горными выработками и изложены некоторые выводы и предложения. Основное внимание уделено вопросу проектирования и строительства на лессовидных просадочных грунтах. Сделан вывод о необходимости расчета просадочных оснований по деформациям с учетом не только осадочной, но и просадочной части деформации.

ГЛАВА II.

В начале главы дано краткое описание картины распространения влаги в лессовидных грунтах при их замачивании от сосредоточенных источников. Эти данные изложены в соответствии с исследованиями Н. Я. Денисова и других. Описан характер изменения модуля сжимаемости (E_0 , R) и сопротивляемости просадочных грунтов в связи с изменением их влажности. Зависимость $E_0 = f(W)$ установлена путем анализа и сопоставления опытов Ю. М. Абелева, А. Л. Рубинштейна и автора (изложено в главе III). Эта зависимость легла в основу решения главной задачи исследования, а именно расчета просадочных оснований по деформациям, который составляет основное содержание главы II. Так как с изменением влажности просадочного грунта существенно изменяется модуль его сжимаемости, картина деформаций просадочного основания представляется в следующем виде (рис.1).

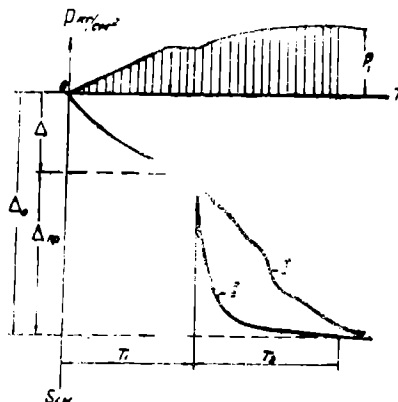


Рис. 1

1. Здание, построенное на просадочном грунте с определенными начальными характеристиками (E_0 , W , R), за время T получит осадку Δ от сжатия грунта под нагрузкой.

2. Если в какой-либо момент существования здания грунт его основания подвергается полному замачиванию, за время T_2 проявится дополнительная деформация $\Delta_{нр}$.

Таким образом, общая деформация Δ_0 просадочного основания записывается в виде:

$$\Delta_0 = \Delta + \Delta_{нр}$$

В выражении (1) осадка Δ во всех случаях является неизбежной, но просадка $\Delta_{пр}$ в зависимости от условий работы сооружения и от его особенностей может проявиться полностью или частично, но может и вовсе не проявиться. Обозначив вероятность проявления просадки через m , получим расчетную деформацию просадочного основания:

$$\Delta_p = \Delta - m\Delta_{пр} \quad (2)$$

Условие расчета просадочного основания записывается так:

$$\Delta_p \leq f_{прос} \quad (3)$$

где $f_{прос}$ — предельная деформация сооружения, возведенного на просадочном основании.

Уравнение (3) может быть удовлетворено путем воздействия на его левую или правую часть. Воздействие на левую часть сводится к уменьшению расчетной деформации, главным образом, ее просадочной части, путем уплотнения грунта различными методами или устранения его просадочных свойств. Возможно также применить фундаменты глубокого заложения, не используя просадочный слой в качестве основания. Воздействие на правую сторону заключается в усилении отдельных частей и осуществлении различных конструктивных мероприятий, увеличивающих предельный прогиб сооружения — в **приспособлении** сооружения к большим деформациям основания.

Коэффициент вероятности m определяется по (4) и изменяется в пределах от 0 до 1 в соответствии со значением коэффициентов влияния

$$m = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot m_4 \quad (4)$$

где: m_1 — достоверность определения коэффициента относительной просадочности,

m_2 — вероятность замачивания пласта в зависимости от его мощности,

m_3 — вероятность замачивания пласта в зависимости от технологических особенностей сооружения — от условий его работы в отношении наличия источников замачивания,

m_4 — вероятность целесообразности затрат на приспособление сооружения к просадке основания или на укрепление основания.

Коэффициенты m_1 определены из статистической обработки данных лабораторных опытов. Значения m_2 и m_3 получены на ос-

новые исследования реальных объектов, построенных на просадочных грунтах. Коэффициент m_1 определяется проектной организацией в зависимости от значимости, долговечности и стоимости сооружения. Для различных зданий и сооружений значения m_1 в этой работе определены сообразами автора. На основе изучения деформаций различных объектов установлена зависимость между средней расчетной осадкой Δ_p и неравномерностью ее проявления

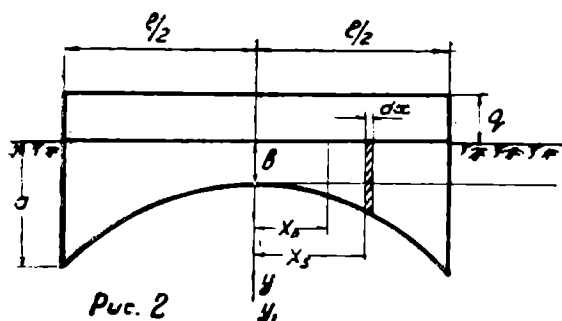
$$f_0 = 1,3 \cdot 10^{-4} \frac{l}{h} \Delta_p, \quad (5)$$

где f_0 — относительный прогиб основания (сооружения), выражающий неравномерность осадки основания,

l — длина здания,

h — высота здания.

Из анализа различных возможных обстоятельств замачивания оснований, характера изменения модуля сжимаемости грунта и видов эпюр реактивного отпора принята расчетная схема основания и сооружения по рис. 2. Рассмотрена балка



на упругом, с переменным модулем сжимаемости, основании, загруженная равномерной нагрузкой. Получено решение для любого значения $k = \frac{a}{b}$ отношения наибольшей ординаты отпора к наименьшей и изменения кривой отпора по параболе любой степени n по уравнению $y = \frac{x^n}{p}$.

Изгибающий момент в сечении (x_0) балки записывается так:

$$M_{x_0} = -q \frac{\left(\frac{l}{2} - x_0\right)^2}{2} + \int_{x_0}^{l/2} \left(\frac{x_s}{\rho_1} - x_0 \frac{x_s''}{\rho} - bx_s - bx_0 \right) dx \quad (6)$$

Из решения (6) получаем:

1) изгибающий момент в сечении стены

$$M_{x_0} = A x_0'' + B x_0'' - D, \quad (7)$$

2) перерезывающая сила

$$Q_x = -\frac{q(k-1)}{k+n} \left[\left(\frac{2}{l}\right)^n x_0'' - x_0 \right] \quad (8)$$

3) прогиб в середине стены (с учетом влияния перерезывающей силы)

$$y_{\max} = \frac{q l}{16EI} \frac{n(k-1)}{(k-n)} \frac{5n+23}{24(n+3)(n-4)} + \frac{3n(k-1)}{20(n-2)(k-n)} - \frac{q l^2}{GF} \quad (9)$$

Установлено, что наиболее невыгодным является изменение эпюры отпора грунта по квадратной параболе.

При замачивании просадочных грунтов (исключая провальпо-просадочные) их модуль сжимаемости уменьшается в 3—5 раз. Для условий $n = 2$ и $k = 3,4$ и 5 по (9) установлены предельные относительные прогибы f типовых жилых и гражданских зданий. Одновременно по (5) составлена таблица А расчетных прогибов f_0 в зависимости от средних осадок Δ_0 . Получена возможность в таблице А выделить первую область, где $f_0 = f$, в пределах которой можно строить типовые здания без изменения или усиления их конструкций и без улучшения основания.

В этой же таблице А выделена третья область, где f_0 значительно более f и строительство целесообразно выполнять по

типовым проектам при условии коренного укрепления грунтов и полного устранения их просадочности или путем устройства фундаментов глубокого заложения и передачи давления от сооружения грунтам, залегающим ниже просадочной толщи.

Вторая область таблицы А, заключенная между первой и третьей, характерна тем, что для ее условий целесообразно на просадочных грунтах строить здания с осуществлением ряда мер по приспособлению сооружения к значительным деформациям оснований (осадочные швы, армирование кладки, железобетонные пояса и др.) или путем выполнения мероприятий по уменьшению расчетной деформации основания. Решение принимается в зависимости от технико-экономической целесообразности. Получена формула для определения потребной арматуры усиления стен в зависимости от значения расчетного прогиба

$$F_a = \frac{10 y_{\max} E b}{P_a (11 k_1^2 + 24)} \quad (10)$$

где: E — модуль упругости кладки,

b — приведенная толщина стены

P_a — расчетное сопротивление арматуры,

$k_1 = \frac{l}{h}$ — гибкость стены.

По (10) составлены графики для определения F_a .

ГЛАВА III.

Эта глава содержит экспериментальные данные исследования. В первом разделе описывается некоторое количество сооружений, запроектированных автором или построенных под его техническим руководством. Все рассмотренные сооружения запроектированы и построены на сильнодеформируемых основаниях и представляются как объекты экспериментов.

В остальных разделах описаны последствия подработки жилых домов, построенных по типовым проектам и по проектам, составленным с учетом условий подработки. В первом случае дом полностью разрушился и был разобран, во втором случае дома существенных повреждений от подработки не получили.

Описаны опыты со штампами по определению пределов изменения модуля деформации грунтов различной степени просадочности при их замачивании. Установлено, что модуль деформации грунта при замачивании уменьшается в 3—5 раз. Изложены результаты исследования реальных объектов и порядок определения коэффициентов m_i , обуславливающих вероятность проявления просадочной деформации. Приведено также обоснование зависимости (5). Иллюстрации к главе III составляют II том исследования и представлены в альбоме.

ГЛАВА IV

В этой главе изложен технико-экономический анализ различных мероприятий, которые возможно осуществлять при строительстве на просадочных грунтах, а именно:

- 1) поверхностные трамбования грунта тяжелыми грамбовками;
- 2) замачивание грунта в котлованах перед постройкой здания;
- 3) замачивание грунта под давлением сооружения процессе его возведения;
- 4) гидровиброуплотнение грунта;
- 5) глубинное уплотнение грунта грунтовыми сваями;
- 6) постройка зданий на фундаментах глубокого заложения;
- 7) усиление стен зданий армированием, железобетонными поясами, осадочными швами и другими конструктивными приемами;
- 8) термическое укрепление просадочного грунта;
- 9) химическое закрепление грунта (силикатизация, цементация и др.);
- 10) строительство сооружений с соблюдением возможности подъема отдельных, могущих получить просадку, конструкций без учета просадочности любой категории толщи.

Составлена рекомендуемая последовательность целесообразности осуществления перечисленных выше приемов строительства.

ГЛАВА V

Общая деформация грунта складывается из остаточной и восстанавливающейся. Соотношение между остаточной и восстанавливающейся частями деформации зависит от того, на каком этапе своего природного развития грунт используется. В начальные периоды, когда пористость грунта высока, основную роль играют остаточные деформации, а в более поздний период, когда грунт уплотнится, доля восстанавливающихся деформаций возрастет и может стать преобладающей. Исходя из сказанного, можно утверждать, что в любой момент времени существует определенное отношение между видами деформаций грунта.

В этой главе изложен способ расчета сооружения и неогорожденного основания, обладающего переменным коэффициентом постели C_x (рис. 3), характеризующим упругие деформации, и переменным отношением между остаточными и упругими деформациями m_x .

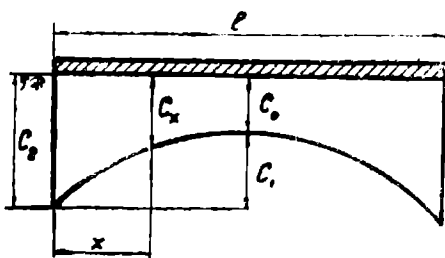


Рис. 3

Из рис. 3 имеем:

$$C_x = C_2 - C_1 \sin \frac{\pi}{l} x; \quad (11)$$

Обозначив упругую деформацию через η , остаточную через s , общую через y , можем записать:

$$y = \eta + s;$$

$$s = m_x \cdot \eta \quad (12)$$

$$m_x = \frac{s}{\eta}$$

$$\text{или } m_x = \frac{s_x}{C_x}$$

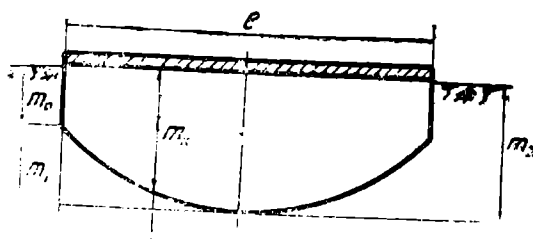


Рис. 4

Из рис. 4 получим:

$$m_x = m_0 - m_1 \sin \frac{\pi}{l} x; \quad (13)$$

Рассматривая работу напряжений в грунте на упругих и остаточных деформациях, проф. В. Д. Васильев получил основную зависимость между напряжениями и осадками основания в виде:

$$= \frac{1}{m_x + 1} \cdot C_x \cdot y; \quad (14)$$

Учитывая (14) и рассматривая стену и фундамент как балку на упругом основании с коэффициентом постели

$$\frac{C_x}{m_x + 1},$$

получим уравнения для исчисления осадки стены, прогиба и возникающих в ней моментов и перерезывающих сил. Соответствующие уравнения приведены в опубликованных выводах, полученных в настоящей работе *

*) Основные результаты работы опубликованы в статьях автора:

1 Методы проектирования зданий и сооружений, возводимых на лессовидных просадочных грунтах. Издательство РИСИ, г Ростов на Дону, 1958.

2. Методы строительства на сильнодеформируемых основаниях. Бюллетень строительной техники, № 6, 1958.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. Предлагаемый приближенный метод расчета просадочных оснований по деформациям, основанный на учете конкретных характеристик грунтов, технологических и конструктивных особенностей сооружений, а также **условий их работы**, позволяет более надежно и экономично осуществлять проектирование и строительство на лессовидных просадочных грунтах.

2. Этот метод отодвигает на второй план строительство на просадочных грунтах, основанное на осуществлении водо-защитных мероприятий и на мерзлых грунтах по методу сохранения мерзлоты.

3. Выполненное исследование позволяет заключить, что преобладающим должен быть способ строительства, основанный на конструктивном приспособлении сооружения к особенностям основания — к расчетным деформациям.

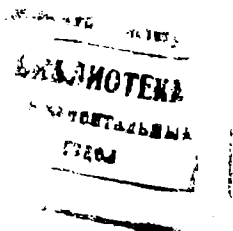
Следующим является метод, базирующийся на мероприятиях по уменьшению (устранению) просадочности грунта и достижению равенства расчетной деформации основания и предельной деформации сооружения.

4. По сделанным экономическим подсчетам **отмечена последовательность** различных способов строительства на просадочных грунтах в отношении их технико-экономической целесообразности.

5. Предлагаемый метод не связан с большими вычислениями и частично переложен на графики.

6. Метод расчета сооружений и сильносжимаемых оснований на конструктивном приспособлении сооружения к требует дальнейшей разработки.

1375a



НТБ
МУЖТ