

**АССОЦИАЦИЯ САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«ИЗЫСКАТЕЛИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И СЕВЕРО-ЗАПАДА»**

**(АСРО «ИСПб и СЗ»)**

Стандарт организации

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ.  
СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЙ  
СТО**

Настоящий стандарт распространяется на процессы, связанные с проведением прогноза изменений инженерно-геологических условий, процессов производства инженерно-геологических работ и обработки их результатов.

## Предисловие

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. РАЗРАБОТАН                       | Автономной некоммерческой организацией «Агентство оценки и развития профессионального образования»             |
| 2. РАССМОТРЕН И ОДОБРЕН             | Советом Ассоциации саморегулируемая организация «Изыскатели Санкт-Петербурга и Северо-Запада»                  |
| 3. УТВЕРЖДЁН И<br>ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ | Решением общего собрания Ассоциации саморегулируемая организация «Изыскатели Санкт-Петербурга и Северо-Запада» |
| 4. ВВЕДЁН                           | ВПЕРВЫЕ  |

Ассоциация саморегулируемая организация «Изыскатели Санкт-Петербурга и Северо-Запада», 2017

*Распространение настоящего стандарта осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленным в АСРО «ИСПб и СЗ»*

## Содержание

Введение.....	4
1. Область применения .....	4
2. Нормативные ссылки.....	5
3. Термины и определения .....	6
4. Состав и объёмы работ для прогноза изменений инженерно-геологических условий .....	8
4.1. Основные положения по составу и объёму инженерных изысканий.....	9
4.2. Инженерно-геологические изыскания, выполняемые на конкретных этапах проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений .....	9
4.3. Физико-механические свойства грунтов, определяемых в полевых и лабораторных условиях .....	11
4.4. Оценка однородности слоистых грунтовых толщ.....	12
4.5 Выделение инженерно-геологических элементов.....	13
4.6. Вычисление нормативных и расчетных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов .....	17
4.7. Определение рационального количества образцов грунтов .....	25
4.8. Установление корреляционной зависимости между различными характеристиками грунтов .....	26
4.9. Составление прогноза изменений физико-механических свойств грунтов.....	30
4.10. Определение характеристик грунта с учетом возможного изменения его влажности в процессе строительства или эксплуатации .....	36
5. Природные и техногенные воздействия, вызывающие изменения инженерно-геологических условий.....	44
6. Контроль достоверности и достаточности результатов инженерно-геологических изысканий.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	71
Библиография.....	77

## Введение

Настоящий стандарт разработан в рамках реализации «Программы стандартизации работ по инженерным изысканиям» НОПРИЗ и направлен на создание системы стандартизации в НОПРИЗ в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации [1], Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании» [2], Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3], Федеральным законом от 1 декабря 2007 г. №315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» [4].

Авторский коллектив: *М. Б. Заводчикова, В. В. Конюшков, А. Ф. Блинов, Е. П. Тарелкин (Автономная некоммерческая организация «Агентство оценки и развития профессионального образования»).*

### 1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает порядок составления прогноза изменений инженерно-геологических условий, с выполнением обязательных требований, предусмотренных [12, 13].

Данный стандарт предназначен для прогнозирования изменений физико-механических свойств и инженерно-геологических условий дисперсных грунтов. Для прогнозирования изменения характеристик остальных классов и видов грунтов: скальных, мерзлых, структурно-неустойчивых и т.д. необходимо учитывать дополнительные требования действующих нормативных документов. В СТО приведены основные положения по аналитическим методам статистической обработки результатов изысканий. На практике можно использовать современные программные комплексы по статистической обработке, базирующиеся на приведенных математических зависимостях.

# СТО

## 2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использования нормативные ссылки на следующие стандарты и классификаторы:

ГОСТ 1.5-2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению

ГОСТ 8.310-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения

ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения

ГОСТ Р 1.5-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения

ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения

ГОСТ Р 6.30-2003 Унифицированные системы документации. Унифицированные системы организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

ОК (МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001-96) 001-2000 Общероссийский классификатор стандартов.

## 3. Термины и определения

В настоящем стандарте используются термины и определения в соответствии с [1, 2], а также соответствующих нормативных документов.

### 3.1 вероятность

## **СТО**

Числовая характеристика возможности появления какого-либо определенного события в тех или иных определенных условиях, которые могут повторяться неограниченное число раз, выражаемая в долях единицы или процентах. Вероятности, с которыми характеристики грунтов, трактуемые как случайные величины, принимают те или иные значения, образуют распределение вероятностей, для установления которого по выборочным данным оценивают один или несколько параметров распределения.

### **3.2 доверительная вероятность**

Вероятность того, что доверительный интервал накроет неизвестное истинное значение параметра, оцениваемого по выборочным данным.

### **3.3 доверительный интервал**

Интервал, вычисленный по выборочным данным, который с заданной вероятностью (доверительной) покрывает неизвестное истинное значение оцениваемого параметра распределения.

### **3.4 зондирование**

Измерение сопротивления грунта проникновению в него наконечника зонда.

### **3.5 инженерно-геотехнические изыскания**

Комплекс геотехнических работ и исследований с целью получения исходных расчетных значений для проектирования фундаментов, опор и др. на участках размещения объектов капитального строительства и индивидуального проектирования, необходимых и достаточных для построения расчетной геомеханической модели взаимодействия зданий и сооружений с основанием.

### **3.6 инженерно-геологический элемент**

Основная грунтовая единица при инженерно-геологической схематизации грунтового объекта, определяемая положениями п.4.6. ГОСТ 20522-2012.

### **3.7 коэффициент вариации**

Мера отклонения опытных данных от выборочного среднего значения, выражаемая в долях единицы или процентах и вычисляемая по формуле.

### **3.8 метод наименьших квадратов**

## **СТО**

Метод статистической оценки функциональной зависимости путем установления таких ее параметров, при которых сумма квадратов отклонений опытных данных от этой зависимости является минимальной.

### **3.9 односторонняя доверительная вероятность**

Вероятность того, что неизвестное истинное значение параметра не выйдет за пределы нижней (или верхней) границы доверительного интервала.

### **3.10 прогноз изменения природных и техногенных условий**

Качественная и (или) количественная оценка изменения свойств и состояния природной среды во времени и в пространстве под влиянием естественных и техногенных факторов.

### **3.11 расчетный грунтовый элемент**

Основная грунтовая единица, выделяемая с учетом применяемого при проектировании грунтового объекта расчетного или экспериментального метода, определяемая по [10].

### **3.12 сжимаемость**

Способность уменьшаться в объеме под действием нагрузки.

### **3.13 сопротивление сдвигу**

Показатель прочности грунта, обусловленный трением между частицами и структурными связями между ними.

### **3.14 сравнительный коэффициент**

Мера изменчивости величины, зависящая от начала отсчета выборки и вычисляемая по формуле (11.1) Приложения 11 [10].

### **3.15 среднее значение (выборочное)**

Среднеарифметическое частных значений, образующих выборку величин, независимых друг от друга и от пространственных координат.

### **3.16 среднеквадратическое отклонение**

Мера отклонения опытных данных от выборочного среднего значения или функциональной зависимости, выражаемая в абсолютных единицах и вычисляемая по формулам (4), (12) [10].

## СТО

### 4. Состав и объёмы работ для прогноза изменений инженерно-геологических условий

Под инженерно-геологическим прогнозом следует понимать математическую обработку строения, состояния и поведения инженерно-геологической системы, основанной на лабораторных и полевых испытаниях грунтов.

Целью прогноза инженерно-геологических условий (ИГУ) является получение информации о месте развития, видах, частоте и механизме неблагоприятных процессов, которые могут привести к серьезным деформациям зданий и сооружений, а также возможность создания инженерно-геологической основы для разработки мероприятий по учету этих изменений.

Алгоритм составления прогноза изменений инженерно-геологических условий имеет следующий вид:

- проведение всех необходимых изысканий, требуемых для данной стадии (предпроектной, проектной, рабочей, эксплуатационной) проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции здания в соответствии с техническим заданием;
- статистическая обработка результатов инженерных изысканий;
- анализ воздействия природных и техногенных факторов на изменения геологической среды на региональном и локальных уровнях;
- установление комплексной взаимосвязи инженерных изысканий (закономерность влияния изменения одних характеристик на другие);
- составление общего отчета, включающего прогноз изменений инженерно-геологических условий.

## **СТО**

### **4.1. Основные положения по составу и объему инженерных изысканий**

Инженерно-геологические изыскания, необходимые для составления прогноза изменений инженерно-геологических условий, проводятся в соответствии с пунктом 6 [16].

Определение физико-механических характеристик грунтов необходимо выполнять в соответствии с требованиями нормативных документов [5, 6, 7, 8, 9] и других нормативных документов для соответствующих физико-механических характеристик грунтов.

Необходимость выполнения дополнительных видов инженерно-геологических работ и условия их применения следует устанавливать в программе инженерных изысканий на основе технического задания (см. Приложение 1) и с учетом стадийности проектирования, сложности инженерно-геологических условий, уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений, геотехнических категорий объекта (см. Приложение 2).

Порядок выполнения работ:

- подготовительные;
- полевые;
- лабораторные;
- камеральная обработка, включая составление прогноза изменения физико-механических свойств грунтов и инженерно-геологических условий.

### **4.2. Инженерно-геологические изыскания, выполняемые на конкретных этапах проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений**

Технологическая схема проведения инженерно-геологических изысканий по этапам, приводимая в табл. 1, которая рекомендуется к использованию в изыскательских и проектно-изыскательских организациях. В этой схеме отражены возможные этапы изысканий, проектные задачи, решаемые на каждом этапе, основные виды работ, обычно производимые на этапе. Выбор

# СТО

числа этапов, их привязка к стадиям проектирования должны осуществляться индивидуально для каждого объекта изыскательской и проектной организацией в зависимости от конкретных условий, определяемых процессом проектирования, природными и организационно-техническими факторами.

Таблица 1 Технологическая схема изысканий

Задачи проектирования, решаемые с использованием материалов изысканий в строительстве		Этапы инженерно-геологических изысканий	Целевое назначение работ на этапе	Основные виды работ на этапе при строительстве	
площадном	линейном			площадном	линейном
1	2	3	4	5	6
Хозяйственная необходимость и экономическая целесообразность строительства		Изучение природных условий района предполагаемого строительства	Установление возможных вариантов расположения объекта строительства и выбор перспективных вариантов	Сбор и обобщение материалов ранее выполненных геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических работ	
				Районирование территории для предполагаемого строительства	Камеральное трассирование
				Инженерно-геологическая рекогносцировка	Возможно аэровизуальное обследование
Технико-экономическое сравнение вариантов. Выбор оптимального варианта		Работы на перспективных вариантах	Изучение и сравнение вариантов с целью выбора оптимального из них	Инженерно-геологическая рекогносцировка	Аэрофотосъёмка и инженерно-геологическое дешифрирование её материалов по вариантам трассы
				Мелкомасштабные и среднемасштабные съёмки всего района	Мелкомасштабная инженерно-геологическая съёмка всего района

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Компоновка зданий и сооружений. Предварительные расчёты оснований. Выбор типа фундаментов	Проложение трассы. Выделение участков индивидуального проектирования. Подбор или разработка типовых проектов	Работы на выбранном варианте	Изучение и оценка инженерно-геологических условий на выбранном варианте	Крупномасштабная инженерно-геологическая съёмка строительной площадки	Трассирование на местности. Крупномасштабная инженерно-геологическая съёмка на участках индивидуального проектирования
Разработка проектов защитных мероприятий				Инженерно-геологическая разведка на участках расположения защитных сооружений	
Окончательные расчёты оснований зданий и сооружений	Разработка индивидуальных проектов	Работы в сфере влияния зданий и сооружений на грунты и в сфере производства строительных работ	Изучение условий фундирования зданий и сооружений, составление расчётных схем оснований	Инженерно-геологическая разведка в сфере влияния зданий и сооружений на грунты и в сфере производства строительных работ	
Разработка проектов организации строительства					
Уточнение проектов зданий и сооружений и проектов организации строительства		Работы в период строительства	Корректировка выданных заключений и прогнозов	Документация строительных выемок и котлованов. Контрольные инженерно-геологические работы	
<p>Примечания.</p> <p>1. При соответствующем обосновании отдельные этапы инженерно-геологических изысканий могут быть опущены или совмещены с другими этапами.</p> <p>2. Привязка этапов к стадиям проектирования осуществляется индивидуально для каждого объекта изыскательской организацией по согласованию с проектной организацией.</p> <p>3. Детальность работ на каждом этапе устанавливается нормативными документами по инженерным изысканиям для основных видов строительства.</p>					

#### **4.3. Физико-механические свойства грунтов, определяемых в полевых и лабораторных условиях**

Физико-механические свойства грунтов определяются в процессе проведения плановых инженерно-геологических (инженерно-геотехнических) изысканий. При необходимости проводятся дополнительные исследования конкретных свойств грунта в конкретном месте на конкретной глубине залегания.

В полевых условиях выполняются следующие исследования физических свойств пробы грунта:

- влажность ( $W$ ) в долях единицы;
- плотность естественного сложения ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup>;

## СТО

- плотность скелета (сухого) грунта ( $\rho_s$ ) в  $\text{г/см}^3$ .

Механические свойства грунтов исследуются как в лабораторных условиях, так и непосредственно на объекте. Исследованию подлежат:

- сжимаемость - закон уплотнения, относительные деформации грунта ( $\epsilon$ ), изменение пористости грунта ( $\Delta e$ );

- сопротивление сдвигу – предельные сопротивления ( $\tau^{\text{пр}}$ ) для сыпучих и связных грунтов.

В соответствии с пунктом 6 [10] или Руководством [13] выполняется статистическая обработка полученных данных на исключение ошибок (грубых погрешностей).

### **4.4. Оценка однородности слоистых грунтовых толщ**

В случаях, когда слоистая толща характеризуется переслаиванием маломощных слоев, необходимо установить – можно ли считать изучаемое геологическое тело однородным (квазиоднородным), или рассматривать как комплекс монопородных геологических тел первого уровня расчленения.

Используется критерий выделения слоистых тел, который требуется последовательного выполнения двух условий:

- первое условие – слоистая толща рассматривается как однородная (квазиоднородная), если мощность слоев первого уровня расчленения  $h_m$  не превышает некоторой минимальной величины, зависящей от применяемого метода получения показателя свойства, называемого порогом чувствительности  $h_{\text{min}}$ ;

- второе условие – подвергаются изучению несколько переслаивающихся монопородных слоев. В каждом устанавливается численное значение интересующего показателя, объединяются частные значения показателя каждой литологической разности в две выборки. Каждая выборка характеризуется числом

## СТО

определений  $n$ , средним арифметическим  $\bar{X}$  и средним квадратичным отклонением  $S$  существенность различия оценивают выражением:

$$\bar{X}_i - \bar{X}_{i+1} >> 2S_{\bar{X}_i - \bar{X}_{i+1}} \quad (1),$$

где  $i$  и  $i+1$  – соседние монопородные слои (элементы слоистой толщи).

Если левая часть неравенства меньше правой, то данное геологическое тело можно рассматривать как квазиоднородное, если больше – оценку слоев следует давать отдельно для каждого слоя.

Среднее квадратичное отклонение разности рассчитывается по формуле:

$$S_{\bar{X}_i - \bar{X}_{i+1}} = \pm \sqrt{\frac{S^2_{\bar{X}_i} (n_i - 1) + S^2_{\bar{X}_{i+1}} (n_{i+1} - 1)}{n_i + n_{i+1} - 2} \cdot \frac{n_i + n_{i+1}}{n_i \cdot n_{i+1}}} \quad (2),$$

где  $n_i \cdot n_{i+1}$  – объемы выработок (количество определений) соответственно в  $i$  и  $i+1$  монопородных слоях.

### **4.5. Выделение инженерно-геологических элементов**

Выделение инженерно-геологических элементов следует производить в соответствии с п. 5 [10], из которого выписаны следующие требования.

Исследуемую толщу грунтов предварительно разделяют на ИГЭ с учетом их происхождения, текстурно-структурных особенностей, вида, подвида или разновидности (см. ГОСТ 25100), а также сведений об объекте строительства. Значения характеристик грунтов в каждом предварительно выделенном ИГЭ анализируют с целью установить и исключить значения, резко отличающиеся от большинства значений, если они вызваны ошибками в опытах или принадлежат другому ИГЭ.

Окончательное выделение ИГЭ проводят на основе оценки характера пространственной изменчивости характеристик грунтов и их коэффициента вариации или сравнительного коэффициента вариации. При этом необходимо установить, изменяются ли характеристики грунтов в пределах предварительно

## СТО

выделенного ИГЭ случайным образом или имеет место их закономерное изменение в каком-либо направлении.

Для оценки характера пространственной изменчивости характеристик могут быть использованы инженерно-геологические разрезы, планы, а также трехмерные модели. Для выявления закономерного изменения характеристик строят точечные графики изменения их значений по направлению, выявляют корреляционную зависимость показателей свойств от координат.

За единый инженерно-геологический элемент могут быть приняты грунты, представленные часто сменяющимися тонкими (менее 20 см) слоями и линзами грунтов различного вида, подвида или разновидности. Слои и линзы, сложенные рыхлыми песками, глинистыми грунтами с показателем текучести более 0,75, органо-минеральными или органическими грунтами и другими грунтами, оказывающими существенное влияние на проектное решение, следует рассматривать как отдельные инженерно-геологические элементы независимо от их мощности.

Линзы и прослои, мощность которых не позволяет отобрать достаточное число образцов (см. п. 4.10 [10]), могут быть охарактеризованы нормативными значениями характеристик по единичным определениям. Расчетные значения в этом случае принимают при следующих коэффициентах надежности по грунту  $\gamma_g$ : для модуля деформации  $\gamma_g = 1.1$ ; для угла внутреннего трения  $\gamma_{g,II} = 1.1$  и  $\gamma_{g,I} = 1.15$ ; для удельного сцепления  $\gamma_{g,II} = 1.25$  и  $\gamma_{g,II} = 1.5$ .

# СТО

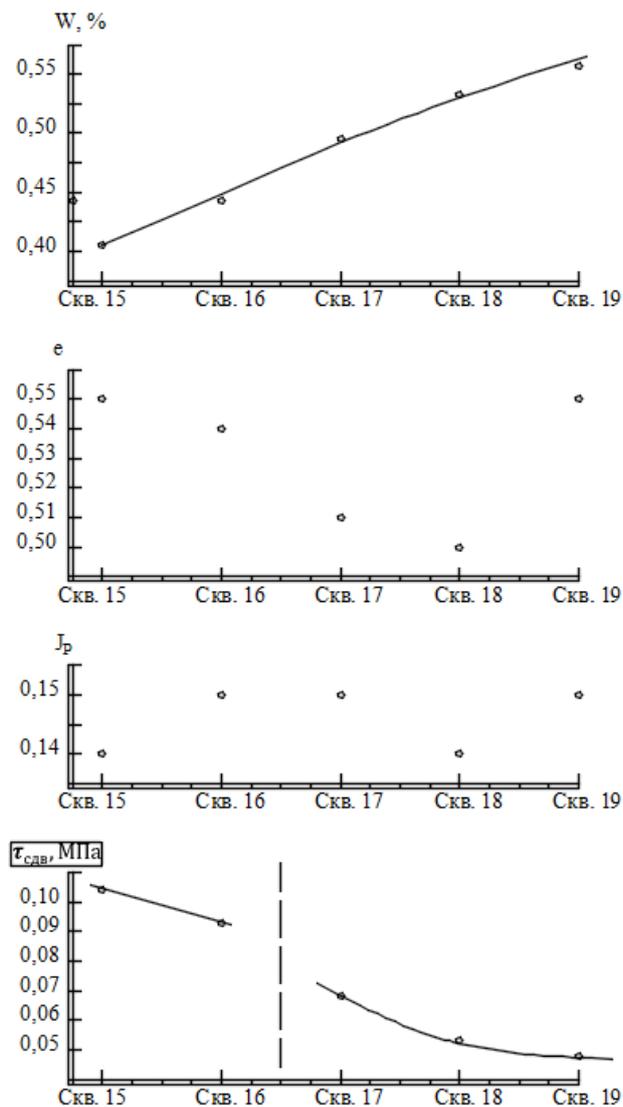


Рис. 1. Значение характеристик по скважинам (по рисунку видно, что разделение на два инженерно-геологических элемента следует выполнить между скважинами 16 и 17)

При наличии закономерного изменения характеристик грунтов в каком-либо направлении следует решить вопрос о необходимости разделения предварительно выделенного ИГЭ на два или несколько новых ИГЭ. Дополнительное разделение ИГЭ не проводят, если выполняется условие

$$v < v_{дон} \quad (3),$$

где  $v$  - коэффициент вариации;

Допустимое значение  $v$ , принимаемое равным: для физических характеристик 0,15, для механических, а также для параметров зондирования 0,30.

## СТО

Если коэффициенты вариации превышают указанные значения (см табл. 2), дальнейшее разделение ИГЭ проводят так, чтобы для вновь выделенных ИГЭ выполнялось указанное условие. Разделение ИГЭ может быть проведено на основе сравнения средних значений характеристик грунта во вновь выделенных ИГЭ (см. Приложение В [10]).

Таблица 2 Коэффициенты вариации

Характеристика грунта	Коэффициент вариации $v$	$\rho$ – показатель точности оценки среднего значения характеристики
Плотность минеральной части (Удельный вес)	0,01	0,004
Плотность естественного сложения (Объемный вес)	0,05	0,015
Природная влажность	0,15	0,05
Влажность на границе текучести и раскатывания	0,15	0,05
Модуль деформации по данным полевых и лабораторных испытаний	0,30	0,10
Сопротивление срезу в лабораторных условиях при одном значении уплотняющего давления	0,20 (0,30)	0,10
Временное сопротивление при одноосном сжатии скальных грунтов	0,40	0,15
Примечание. Значение $v$ , указанное в скобках, относится к третичным глинам твердой консистенции и элювиальным глинистым грунтам любой консистенции.		

При проведении дополнительного разделения первоначально выделенного ИГЭ, определяя границы вновь выделяемых ИГЭ, необходимо учитывать:

- наличие тенденции к закономерному изменению характеристик грунтов;
- положение уровня подземных вод;
- переслаивание грунтов различной плотности, влажности, консистенции и т.д.;
- прочие особенности и отличительные характеристики.

Формирование расчетного геологического элемента РГЭ проводят на основе выделенных при инженерно-геологической схематизации ИГЭ применительно к конкретному методу расчета объекта (экспериментального метода) с наделением

## СТО

его конкретными характеристиками, необходимыми для возможности использования этого метода. При этом РГЭ в общем случае могут не совпадать с ИГЭ по одному или нескольким показателям (форме, размерам, характеристикам и их значениям). В РГЭ могут быть также объединены два соседних ИГЭ, представленных грунтами разного происхождения, но одного подвида или разновидности, если выполняются требования Приложения В [10].

При выделении РГЭ, в пределах которых значения характеристик принимают закономерно изменяющимися по направлению, их нормативные и расчетные значения устанавливаются в соответствии с Приложением Г [10].

В Руководстве [12] рассмотрены примеры выделения инженерно-геологических элементов.

### **4.6. Вычисление нормативных и расчетных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов**

За нормативное значение сцепления и угла внутреннего трения принимают параметры линейной зависимости:

$$\tau = p \cdot \tan \varphi + c \quad (4).$$

- Здесь:
- $\tau$  – сопротивление образца грунта сдвигу;
  - $p$  – нормальное (уплотняющее) давление, передаваемое на образец грунта;
  - $\varphi$  – угол внутреннего трения;
  - $c$  – сцепление.

Нормативные значения сцепления  $c_H$  и коэффициента внутреннего трения  $\tan \varphi_H$  в соответствии с [10] (по первому способу) вычисляются следующим образом:

$$c_j = \frac{1}{\Delta} \left( \sum_{i=1}^k \tau_i \sum_{i=1}^k P_i^2 - \sum_{i=1}^k P_i \sum_{i=1}^k \tau_i P_i \right) \quad (5);$$

## СТО

$$\tan \varphi_j = \frac{1}{\Delta} \left( k \sum_{i=1}^k \tau_i P_i - \sum_{i=1}^k \tau_i \sum_{i=1}^k P_i \right) \quad (6),$$

где  $\Delta$  - величина, определяемая по формуле:

$$\Delta = k \sum_{i=1}^k P_i^2 - \left( \sum_{i=1}^k P_i \right)^2 \quad (7).$$

Если при вычислении по формуле (5) получается значение  $c_j < 0$ , то принимают значение  $c_j = 0$ , а  $\tan \varphi_j$  вычисляют по формуле:

$$\tan \varphi_j = \frac{\sum_{i=1}^k \tau_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2} \quad (8)$$

По второму способу вычисления нормативных значений  $c$  и  $\text{tg}\varphi$  согласно [10].

При статистической обработке всех  $n$  пар опытных значений  $\tau_i$ , и  $\sigma_i$  как единой совокупности нормативные значения  $\tan \varphi_n$ , и  $c_n$  вычисляют по формулам (5) и (6), в которых значения  $\tan \varphi_j$ ,  $c_j$  и  $k$  необходимо заменить на  $\tan \varphi_n$ ,  $c_n$  и  $n$  соответственно.

Если при этом получится значение  $c_n < 0$ , то принимают  $c_n = 0$ , а  $\tan \varphi_n$  вычисляют вновь по формуле (8), в которой необходимо заменить  $\tan \varphi_j$  и  $c_j$  на  $\tan \varphi_n$ , и  $c_n$  соответственно.

Примечание. При существенной нелинейности зависимости  $\tau = f(\sigma)$  ее аппроксимируют кусочно-линейной зависимостью и выполняют статистическую обработку для каждого линейного участка отдельно, при этом число пар опытных значений  $\tau_i$ , и  $\sigma_i$  на каждом линейном участке должно быть не менее шести.

Вычисляют среднеквадратическое отклонение сопротивления срезу  $S_r$  по формуле:

## СТО

$$S_{\tau} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum (\sigma_i \cdot \tan \varphi_n + c_n - \tau_i)^2} \quad (9).$$

Примечание. В формуле (9) следует заменить  $n-2$  на  $n-1$ , если принято  $c_n = 0$ , а  $\operatorname{tg} \varphi_n$  вычислен по формуле (8).

Исключают наиболее отклоняющееся от нормативной зависимости  $\tau_n = c_n + \sigma \operatorname{tg} \varphi_n$  значение  $\tau_i$ , для которого выполняется условие (3) пункта 6 [10]. При этом в условие (3) следует подставить вместо  $X_i$  проверяемое значение  $\tau_i$ , вместо  $X_n$  - соответствующее значение  $\tau_i$  и вместо  $S$  - значение  $S_{\tau}$  из формулы (9).

Если какое-либо значение  $\tau_i$  будет исключено, следует заново вычислить значения  $\operatorname{tg} \varphi_n$ ,  $c_n$  и  $S_{\tau}$  и по оставшимся опытным данным.

Расчетные значения  $\operatorname{tg} \varphi$  и  $c$  вычисляют с учетом заданного диапазона нормальных напряжений  $\sigma_{\min}$ ,  $\sigma_{\max}$ , который принимают в соответствии с программой работ. При отсутствии таких указаний следует принимать  $\sigma_{\min}$  и  $\sigma_{\max}$  равными минимальному и максимальному нормальным напряжениям, имевшим место при испытании грунта на срез. Вычисляемые значения  $\operatorname{tg} \varphi$  и  $c$  должны сопровождаться сведениями о принятом диапазоне нормальных напряжений.

Вычисляют нормативные значения сопротивления грунта срезу  $\tau'_n$  и  $\tau''_n$  и значения полудлин совместных доверительных интервалов  $\delta'_\tau$  и  $\delta''_\tau$  при значениях нормального напряжения  $\sigma = \sigma_{\min}$  и  $\sigma = \sigma_{\max}$  по следующим формулам:

$$\tau_n = c_n + \sigma \cdot \tan \varphi_n \quad (10)$$

$$\delta_{\tau} = \frac{V_{\alpha, \lambda} S_{\tau}}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{n(\sigma - \bar{\sigma})^2}{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}} \quad (11);$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad (12),$$

## СТО

где: -  $V_{\alpha,\lambda}$  - коэффициент, принимаемый по таблице Е.3 или Е.4 приложения Е [10] в зависимости от заданной односторонней доверительной вероятности  $\alpha$ , параметра  $\lambda$ , вычисляемого по формуле (13), и числа степеней свободы  $K = n - 2$ ;

-  $\sigma_i$  - опытные значения нормального напряжения.

Параметр  $\lambda$ , учитывающий значения диапазона  $[\sigma_{min}, \sigma_{max}]$ , вычисляют по формуле:

$$\lambda = \sqrt{0.5 \left( 1 - \frac{1+nGD}{\sqrt{(1+nG^2)(1+nD^2)}} \right)} \quad (13)$$

Где:

$$G = \frac{\sigma_{min} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}} \quad (14)$$

$$D = \frac{\sigma_{max} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}} \quad (15)$$

Вычисляют расчетные значения сопротивления срезам  $\tau'$  и  $\tau''$  при нормальных напряжениях  $\sigma = \sigma_{min}$  и  $\sigma = \sigma_{max}$  и коэффициенты надежности по грунту  $\gamma_{g,tg\varphi}$  и  $\gamma_{g,c}$  для  $tg\varphi$  и  $c$  по формулам:

$$\tau = \tau_n - \delta_\tau \quad (16)$$

$$\gamma_{g,tg\varphi} = \gamma_{g,c} = \frac{\tau'_n + \tau''_n}{\tau' + \tau''} \quad (17)$$

Расчетные значения  $tg\varphi$  и  $c$  вычисляют по формуле (19).

Если  $\frac{\tau'}{\sigma_{min}} < \frac{\tau''}{\sigma_{max}}$ , то вместо формулы (17) следует использовать формулу (18):

$$\gamma_{g,tg\varphi} = \gamma_{g,c} = \frac{(\tau'_n + \tau''_n)\sigma_{max}}{\tau''(\sigma_{min} + \sigma_{max})} \quad (18)$$

Для вычисления *расчетных значений* показателей используется формула:

$$X = X_n (1 \pm \rho) \text{ или } X = \frac{X_n}{\gamma_g} \quad (19)$$

Где:

$X$  – расчетное значение показателя;

## СТО

$\rho$  – показатель точности оценки среднего значения характеристики грунта, зависящий от ее изменчивости, числа определений и расчетной схемы (расчет по несущей способности или по деформации).

Знак перед величиной  $\rho$  выбирается тот, который обеспечивает большую надежность расчета. При определении расчетных значений: угла внутреннего трения, сцепления, сопротивления одноосному сжатию и удельного веса – принимается знак «минус», для коэффициента сжимаемости – знак «плюс».

Показатель точности оценки среднего (т.е. нормативного) значения характеристики грунта определяется по формулам:

$$\text{Для } c \text{ и } \operatorname{tg}\varphi \rightarrow \rho = t_{\alpha} * v(20)$$

$$\text{Для } R_c, \gamma, \tau_{сдв} \text{ и др. показателей} \rightarrow \rho = \frac{t_{\alpha} * v}{\sqrt{n}}(21)$$

Где:

$t_{\alpha}$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от заданной доверительной вероятности  $\alpha$  и числа степеней свободы  $n-2$  при вычислении расчетных значений  $R_c, \gamma$  и др. показателей

$v$  – коэффициент вариации

Среднее квадратичное отклонение  $S$  для  $R_c, \gamma, R, \tau_{сдв}$  допускается рассчитывать по формуле (4) [10].

Для сцепления  $c_H$  и коэффициента внутреннего трения  $\operatorname{tg}\varphi_H$  среднее квадратичное отклонение находится по формулам

$$S_c = S_{\tau} \sqrt{\frac{1}{\Delta} \sum_{i=1}^n P_i^2}(22)$$

$$S_{\operatorname{tg}\varphi} = S_{\tau} \sqrt{\frac{n}{\Delta}}(23)$$

Где:

$$S_{\tau} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i^2 \operatorname{tg}\varphi^H + c^H - \tau_i)^2}(24)$$

$\Delta$  - тоже что и в формуле 7

## **СТО**

Пример статистической обработки результатов испытаний грунтов приведен в Приложении 3. Пример составления таблицы нормативных и расчетных характеристик грунтов приведен ниже в таблице 3.

Таблица 3 Пример таблицы нормативных и расчетных характеристик грунтов

Геологический индекс	Номенклатурное наименование грунтов	№ ИГЭ	Хар-ка	Число пластичности $I_p$	Прир. влажность $W$	Плотн. грунта, $\rho, \text{т/м}^3$	Коэфф. пористости $e$	Показатели консистенции		Показатели прочности		Модуль деформации $E, \text{МПа}$
								$I_L$	$C_B$	$\varphi, \text{град.}$	$c, \text{кПа}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m, l IV	Пески пылеватые средней плотности с растительными остатками коричневые насыщенные водой	1	$X_H$	0,36	0,36	1,95	0,750			26	2	11
			$X_I$			$1.95 \pm 0.10$				24	1	
			$X_{II}$			1,95				26	2	
m, l IV	Супеси пылеватые текучие (по $C_B$ очень мягкопластичные) с редкими растительными остатками серые с гнездами песка тиксотропные	2	$X_H$	0,05	0,26	1,98	0,708	1,11	0,54	7	7	5
			$X_I$			$1.98 \pm 0.02$				6	6	
			$X_{II}$			$1.98 \pm 0.01$				6	6	
m, l IV	Пески пылеватые плотные с редкими растительными остатками серые насыщенные водой	3	$X_H$	0,38	0,38	2,07	0,550			34	6	28
			$X_I$			$2.07 \pm 0.10$				31	4	
			$X_{II}$			2,07				34	6	
lg III b	Суглинки легкие пылеватые текучепластичные (по $C_B$ мягкопластичные) неяснослоистые с прослоями супеси серовато-коричневые с прослоями песка	4	$X_H$	0,10	0,29	1,95	0,802	0,87	0,37	11	11	7,5
			$X_I$			$1.95 \pm 0.02$				7	8	
			$X_{II}$			$1.95 \pm 0.01$				9	9	
V kt <sub>2</sub>	Глины пылеватые твердые дислоцированные голубые	5	$X_H$	0,12	0,18	2,11	0,529	-0,35		26	113	51
			$X_I$			$2.11 \pm 0.03$				20	74	
			$X_{II}$			$2.11 \pm 0.02$				22	89	

Примечание.  $X_H$  – нормативное значение;  $X_I$  – для расчетов по несущей способности;  $X_{II}$  – для расчетов по деформации

Согласно Руководству [6]:

- Для предварительных расчетов оснований зданий и сооружений всех классов, а также для окончательных расчетов оснований зданий и сооружений II-IV классов и опор воздушных линий электропередачи и связи независимо от их класса допускается определение нормативных и расчетных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов, причем расчетные значения принимают в этом случае при следующих значениях коэффициента безопасности  $k_T$ :

- для  $c$  песчаных и глинистых грунтов - 1,5;
- для  $\varphi$  песчаных грунтов - 1,1;
- для  $\varphi$  глинистых грунтов - 1,15.

- Физические характеристики, необходимые для пользования таблицами (например, коэффициент пористости  $e$ , показатель консистенции  $I_L$  и др.), должны быть получены на основе непосредственных определений.

- Минимальное количество одноименных частных определений должно составлять для каждого выделенного инженерно-геологического элемента 6. При этом для вычисления нормативных и расчетных значений  $c$  и  $\varphi$  должно быть определено не менее шести величин  $\tau$  для каждого значения нормального давления  $p$ .

- Минимальное количество частных определений для вычисления нормативного значения модуля деформации  $E$ , определяемого по результатам испытаний грунта штампом в полевых условиях статической нагрузкой, должно составлять 3. Допускается ограничиться двумя значениями  $E$ , если эти значения отклоняются от среднего не более чем на 25 %.

- Минимальное количество определений удельного сцепления  $c$  и угла внутреннего трения  $\varphi$  в полевых условиях должно составлять 3. При вычислении расчетных значений  $c$  и  $\varphi$  на основе полевых данных допускается принимать коэффициент безопасности  $k_T = 1,5$  для  $c$  и  $k_T = 1,1$  для  $\varphi$ .

- Минимальное количество частных определений физических характеристик, необходимых для пользования таблицами прочностных и деформационных характеристик, должно составлять для каждого выделенного

## СТО

инженерно-геологического элемента 6 при расчетах оснований по второму предельному состоянию и 10 - при расчетах по первому предельному состоянию.

**Примечание.** Количество частных определений характеристик грунтов допускается уменьшить при наличии одноименных определений в материалах предыдущих изысканий, выполненных на той же площадке для того же инженерно-геологического элемента.

### 4.7. Определение рационального количества образцов грунтов

Следует определять рациональное количество образцов грунта по формуле:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot v^2}{\rho^2} (25)$$

Где:

$t_{\alpha}$  – нормированное отклонение, определяемое по табл. Е.2 Приложения Е [10], исходя из имеющегося количества образцов;

$v$  – коэффициент вариации;

$\rho$  – показатель точности оценки среднего значения, определяемый по таблице 4 или по рис. 2.

Таблица 4 Показатели точности оценки среднего значения.

Характеристика грунта	$\rho$
Плотность естественного сложения грунта	0,015
Плотность минеральной части грунта	0,004
Природная влажность	0,05
Влажность на границе текучести и раскатываемости	0,05
Модуль общей деформации	0,10
Сопротивление сдвигу при одном значении нагрузки, сопротивление сдвигу (крыльчатка)	0,10

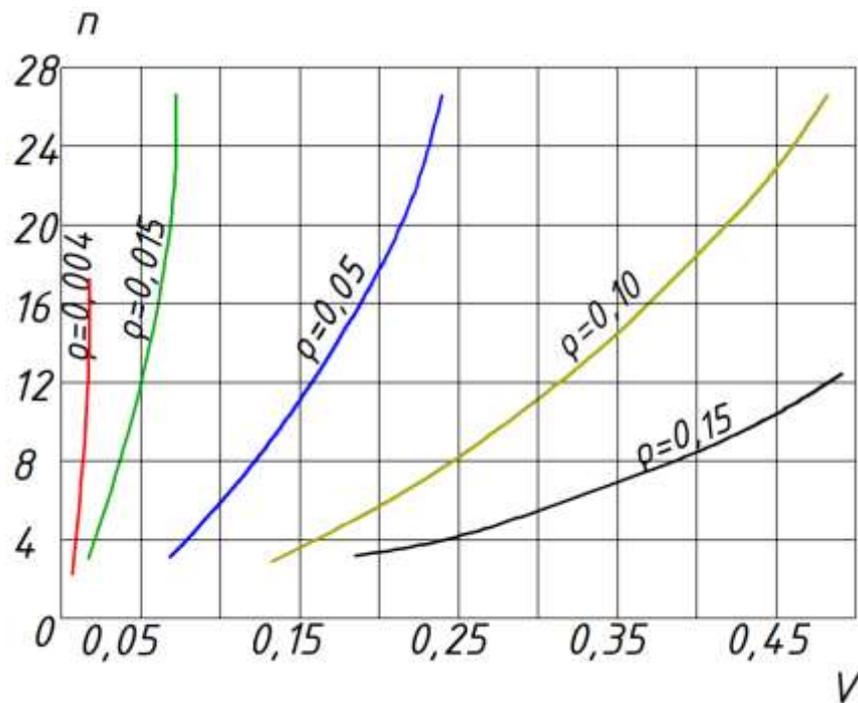


Рис. 2. График зависимости числа определений  $n$  от коэффициента вариации  $v$  при различных значениях  $\rho$

#### 4.8. Установление корреляционной зависимости между различными характеристиками грунтов

Уравнение регрессии описывает связь между различными инженерно-геологическими характеристиками и создается на основе корреляционных зависимостей.

Для оценки зависимости между исследуемыми величинами рекомендуется использовать корреляционное отношение (как наиболее простой способ), возможно использование других характеристик (парные коэффициенты корреляции, коэффициенты множественной корреляции коэффициенты ранговой корреляции).

Корреляционное отношение для оценки тесноты зависимости между двумя переменными  $y$  и  $x$  определяется по формуле:

$$\eta = \frac{s_{\bar{y}_x}}{s_y} \quad (26)$$

## СТО

Где:

$\eta$  – корреляционное отношение

$S_{\bar{y}_x}$  – среднее квадратичное отклонение средних значений, вычисленное для отдельных интервалов измерений;

$S_y$  – среднее квадратичное отклонение индивидуальных значений величины.

Примечание. При нелинейной связи оцениваются оба показателя:  $\eta_{y/x}$  и  $\eta_{x/y}$ .

Строится график как показано в примере (см. Приложение 4). Данный график разбивается на интервалы по оси  $y$  и  $x$  таким образом, чтобы в каждом вертикальном и горизонтальном столбце было не менее 4-5 точек (кроме крайних столбцов; допускается объединение крайних интервалов в один широкий).

Определяется среднее значение величины  $y$  (*зависимая переменная*) для отдельных интервалов, выделенных по оси  $x$  (*косвенная переменная*) по формуле:

$$\bar{y}_x = \frac{\sum n_{xy} \cdot y}{n_x} \quad (27)$$

Где:

$\bar{y}_x$  – среднее значение величины  $y$ , подсчитанное для отдельных интервалов (вертикального столбца), выделенных по оси  $x$ ;

$n_{xy}$  – число точек, попавших в отдельный квадрат корреляционной решетки;

$y$  – среднее значение интервала;

$n_x$  – число точек, попавших в каждый вертикальный столбец

Вычисляются основные статистические характеристики распределения индивидуальных значений величины параметра « $y$ »: среднее арифметическое значение и среднее квадратическое отклонение.

## СТО

Вычисляются средние квадратичные отклонения средних значений параметра «у» для каждого из интервалов, которые заносятся во вспомогательную таблицу (см. табл. 5).

Таблица 5 Вспомогательная таблица

$\bar{Y}_x$	$n_x$	$\bar{Y}_x - A$	$(\bar{Y}_x - A)^2$	$n_x(\bar{Y}_x - A)^2$
1	2	3	4	5
...	...	...	...	...
...	...	...	...	$\sum n_x(\bar{Y}_x - A)^2$

Графа 1 – средние значения величин у для отдельных интервалов;

Графа 2 – частоты по х (количество точек попавшие в отдельные интервалы, выделенные по оси х);

Графа 3 – разности между значениями отдельных средних и выбранным числом А (близкое к среднему арифметическому)

Графа 4 – квадраты разностей, найденных в Графе 3.

Графа 5 – произведения квадратов этих разностей на частоты, определяемые по Графе 2.

Вычисление среднего квадратического отклонения производится по формуле:

$$S_{\bar{y}_x} = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_x (\bar{Y}_x - A)^2 - (y - A)^2} \quad (28)$$

Где:

$S_{\bar{y}_x}$  – среднее квадратичное отклонение средних значений вычисленное для отдельных интервалов измерений;

$\sum n_x (\bar{Y}_x - A)^2$  – сумма цифр Графы 5;

n – число определений;

$\bar{y}$  – среднее арифметическое значение;

## СТО

$A$  – условное число, близкое по значению к среднему арифметическому.

По формуле (26) вычисляют корреляционное отношение.

Вычисляется ошибка корреляционного отношения по формуле:

$$m_{\eta} = \frac{1-\eta^2}{\sqrt{n}}(29)$$

Для количественной характеристики тесноты зависимости используется корреляционное отношение, уменьшенное на трехкратную величину ошибки:  $\eta - 3m_{\eta}$ . Теснота зависимостей оценивается по таблице 6.

Таблица 6 Оценка тесноты зависимостей

$\eta - 3m_{\eta}$	Оценка тесноты зависимости
<0	Зависимость отсутствует
0-0,5	Очень слабая
0,5-0,7	Слабая
0,7-0,9	Тесная
>0,9	Очень тесная

## **4.9. Составление прогноза изменений физико-механических свойств грунтов**

При прогнозировании изменения физико-механических свойств грунтов рекомендуется использовать документы [12, 13, 14 и 18]. Согласно этим документам ниже приведены рекомендации по составлению региональных таблиц.

Таблицы характеристик грунтов следует разрабатывать для наиболее характерных геолого-генетических типов пород конкретного региона на основе исследования корреляционных связей между физическими и механическими характеристиками грунтов.

Для исследования влияния на свойства грунтов их геологического происхождения (генезиса) в статистическую совокупность, предназначенную для обработки, следует включать опытные данные, относящиеся к грунтам одного и того же происхождения. В последующем после исследования корреляционных связей следует рассмотреть возможность объединения двух или более статистических совокупностей в одну, если различие в корреляционных зависимостях для них не существенно. Корреляционные зависимости удобно представлять в виде графиков (зависимости изменений характеристик грунтов по глубине, взаимосвязь между физическими и механическими характеристиками и т.д., см. рис. 3-б).

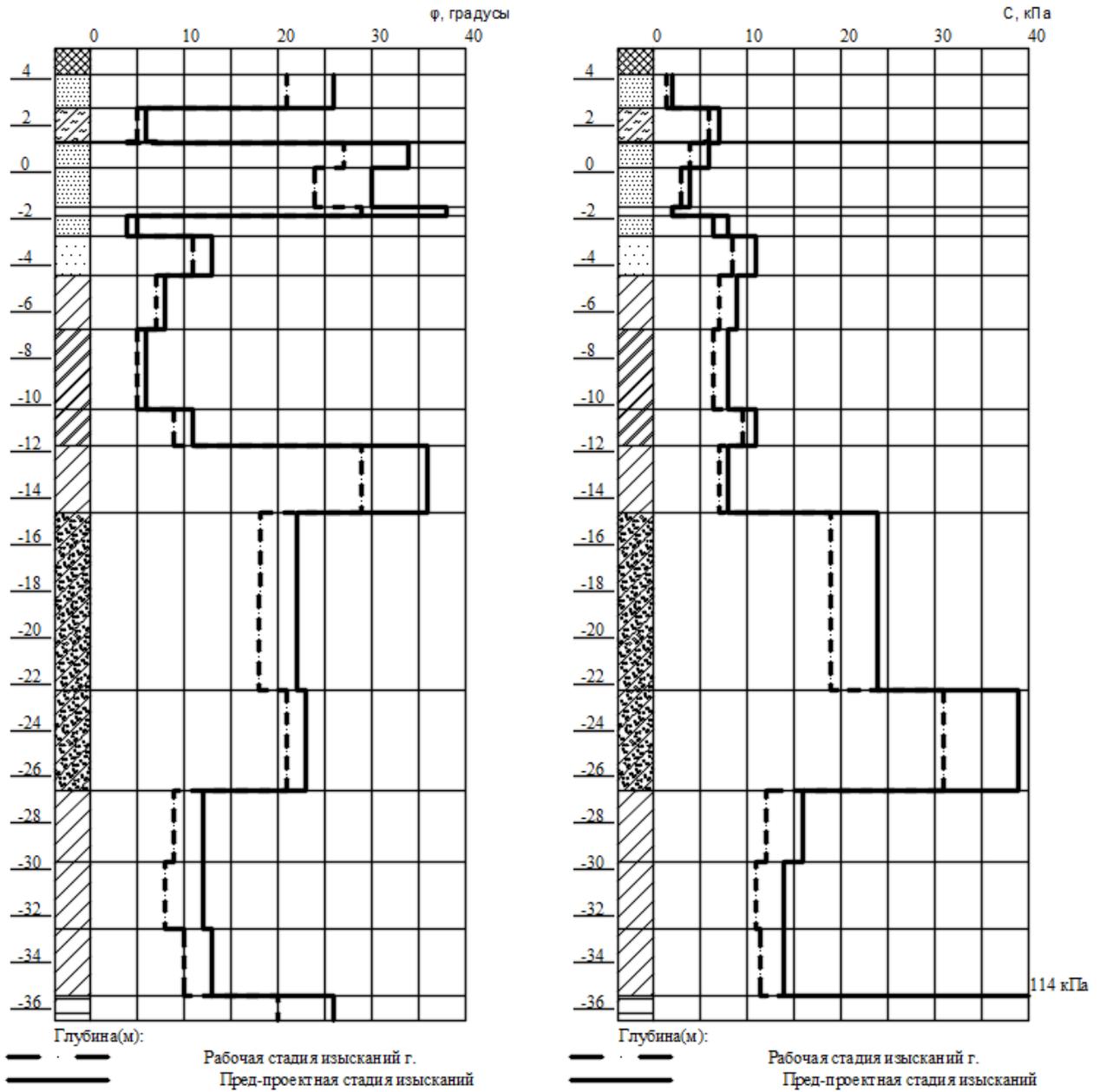


Рис. 3 Зависимость угла внутреннего трения и сцепления от глубины

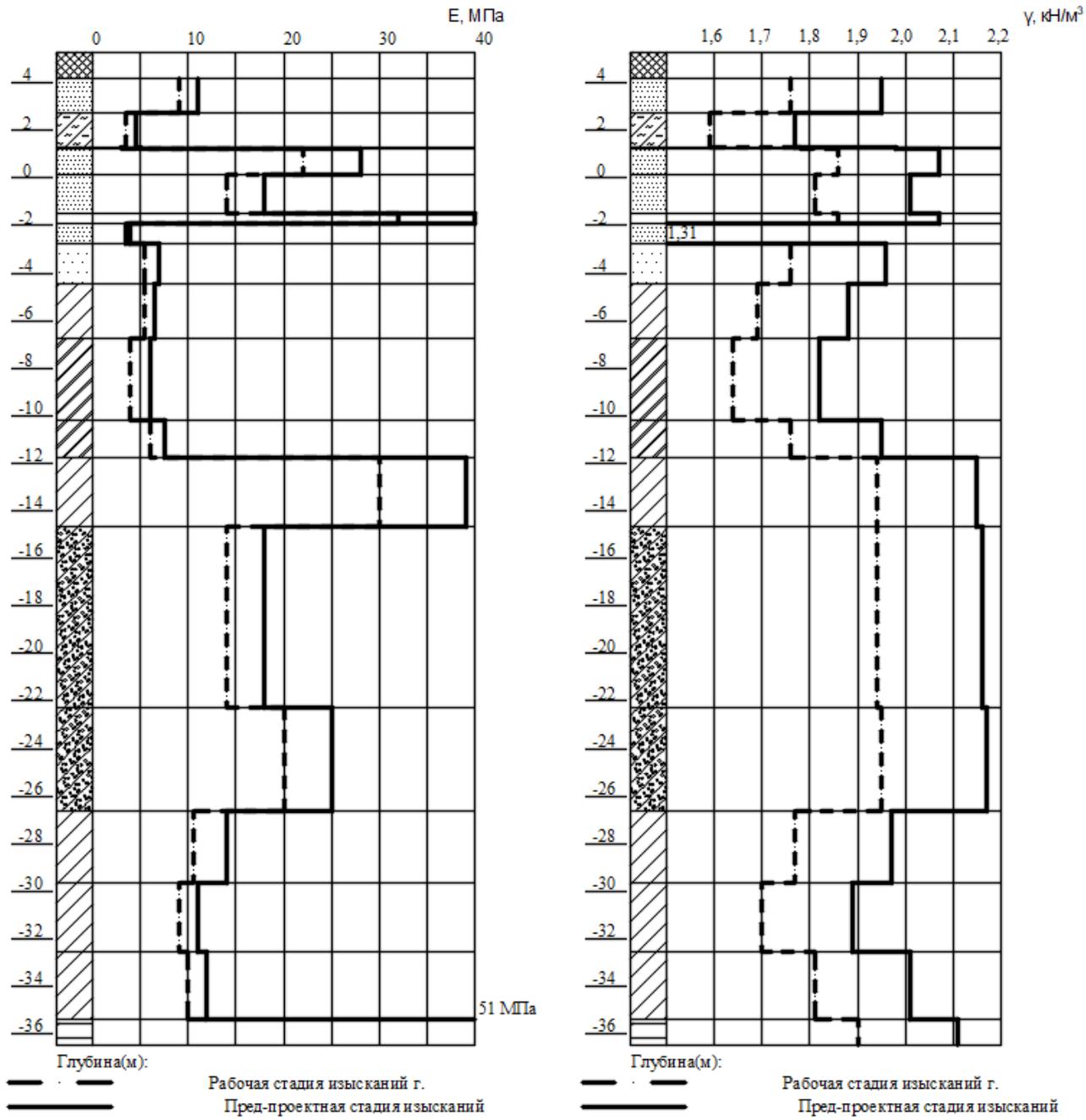


Рис. 4 Зависимость модуля деформации и плотности грунта от глубины

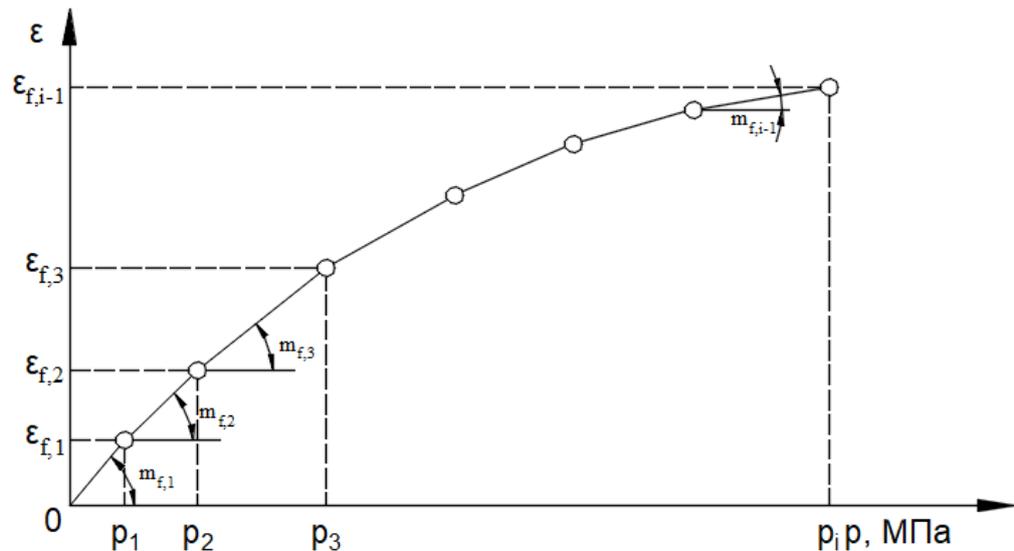


Рис. 5 Зависимость между прочностной и деформационной характеристикой

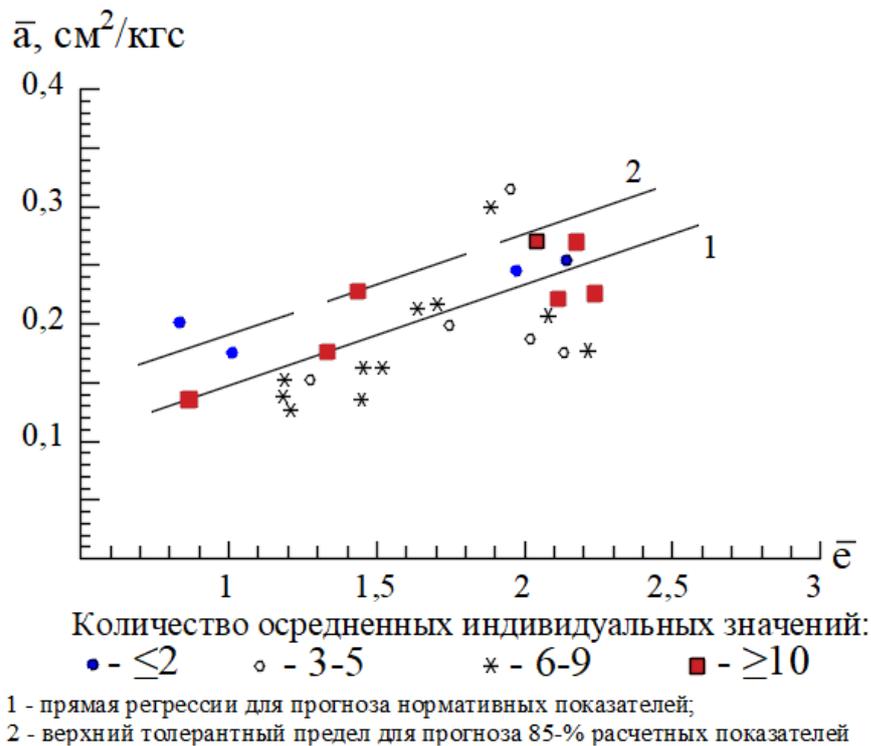


Рис. 6 График зависимости коэффициента пористости от коэффициента сжимаемости

Для исключения действия большого числа факторов, влияющих на прочностные и деформационные свойства грунта, и упрощения корреляционных исследований рекомендуется переходить к более дробным статистическим

# СТО

совокупностям, составляя их по номенклатурным видам крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов. Надежность результатов статистической обработки увеличивается с увеличением числа опытных данных, включаемых в статистическую совокупность. Рекомендуется построение точечных графиков зависимости между физическими и механическими характеристиками грунтов (см. рис. 7-10).

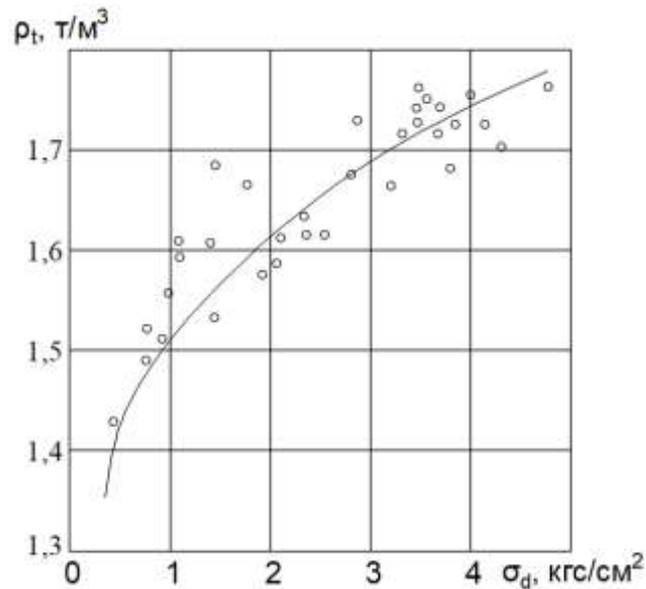
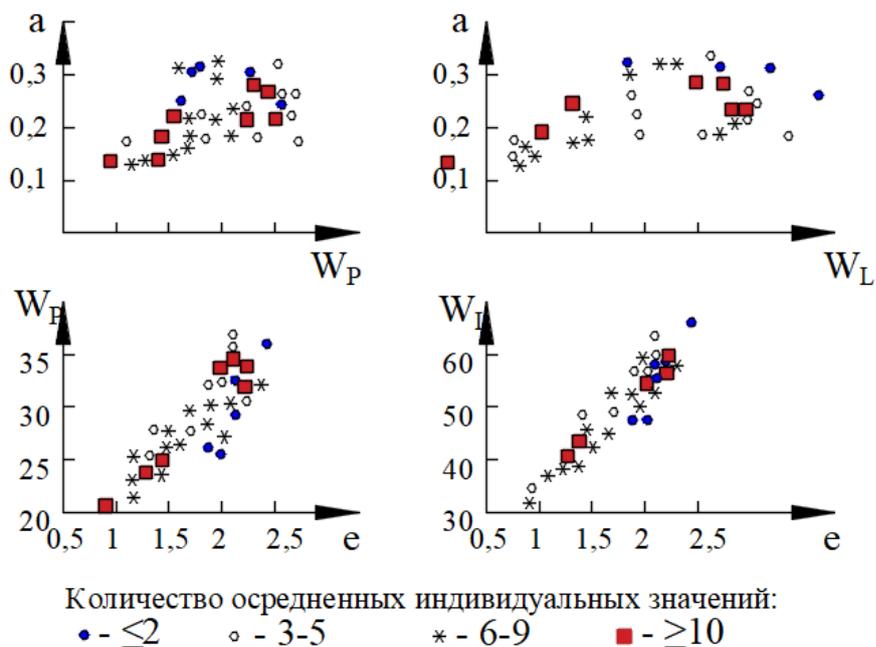


Рис. 7 Зависимость между физической и прочностной характеристиками



# СТО

Рис. 8 Зависимость между физическими свойствами и сжимаемостью грунта

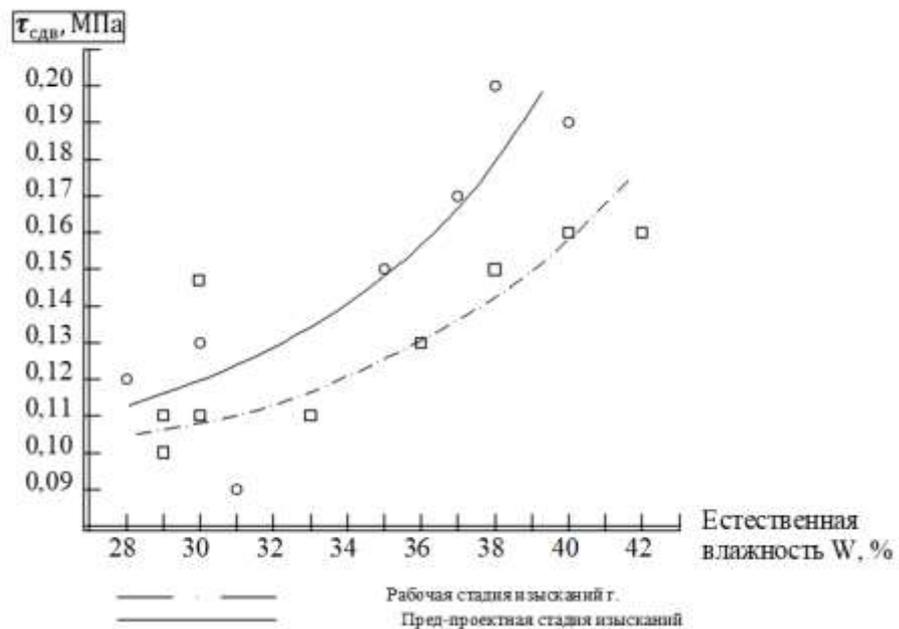


Рис. 9 Установление корреляционной зависимости между сопротивлением сдвига и его естественной влажностью

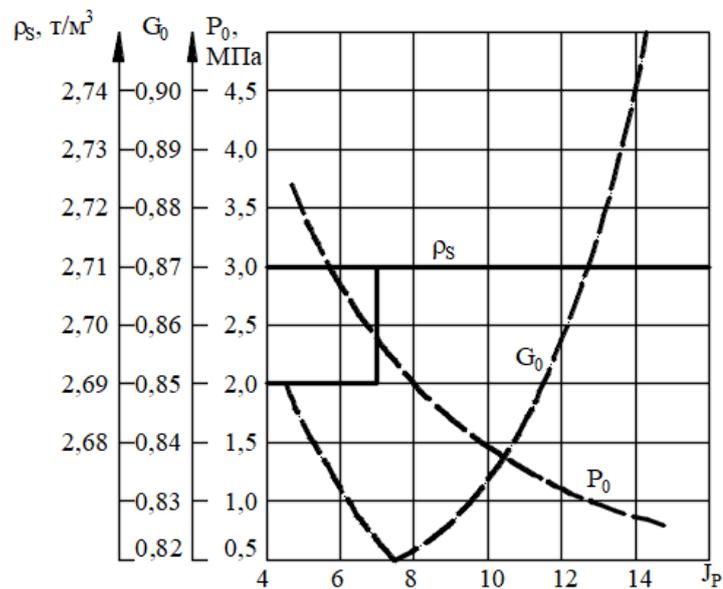


Рис. 10 Зависимость плотности частиц грунта, степени влажности, интервалов давления от числа пластичности

Расчетные значения прочностных характеристик грунтов  $c$  и  $\varphi$  - устанавливают для двух предельных состояний (расчет оснований по несущей

## СТО

способности и по деформациям). Доверительную вероятность  $\alpha$  расчетных значений принимают  $\alpha = 0,85$  для расчетов по деформациям и  $\alpha = 0,95$  для расчетов по несущей способности. Нормативные и расчетные значения  $c$ , кгс/см<sup>2</sup>, округляют в таблице до двух десятичных знаков, а  $\varphi$ -до 1°. Нормативные значения модуля деформации  $E$  округляют: до 10 кгс/см<sup>2</sup> при  $E \geq 100$  кгс/см<sup>2</sup>; до 5 кгс/см<sup>2</sup> при  $20 \leq E < 100$  кгс/см<sup>2</sup> и до 1 кгс/см<sup>2</sup> при  $E < 20$  кгс/см<sup>2</sup>.

Вместо приведения в таблицах расчетных значений прочностных характеристик  $c$  и  $\varphi$ , допускается устанавливать для каждой региональной таблицы среднее значение коэффициента безопасности  $k_r$  отдельно для  $c$  и  $\varphi$ . Тогда расчетные значения  $c$  и  $\varphi$  следует определять путем деления их нормативных значений, взятых из таблицы, на величину  $k_r$ :

$$k_r = \frac{1}{1 \pm \rho}. \quad (30)$$

### **4.10 Определение характеристик грунта с учетом возможного изменения его влажности в процессе строительства или эксплуатации**

Характеристики грунтов, необходимые для проектирования оснований (модуль деформации  $E$ , удельное сцепление  $c$  и угол внутреннего трения  $\varphi$ ), определяют, как правило, для того состояния грунта, в котором он находится в природном залегании.

При проектировании оснований, сложенных не полностью водонасыщенными ( $S_r$  или  $G < 0,8$ ) глинистыми грунтами и пылеватыми песками, следует учитывать возможность снижения их прочностных и деформационных характеристик вследствие повышения влажности грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

Повышение влажности грунтов может происходить в результате:

- подъема уровня грунтовых вод;

## СТО

- накопления влаги за счет нарушения природных условий ее испарения вследствие застройки и асфальтирования территории;

- других природных и техногенных факторов.

Характеристики  $s$ ,  $\varphi$  и  $E$  для грунтов, расположенных ниже прогнозируемого уровня грунтовых вод, должны устанавливаться путем испытаний грунтов в условиях полного водонасыщения.

Повышение влажности грунтов вследствие застройки и асфальтирования территории следует учитывать для всех видов зданий и сооружений. При этом прогноз изменения влажности необходимо давать на основе специальных расчетов или опытных данных по измерению влажности грунтов данного района под уже застроенной территорией.

Характеристики  $s$ ,  $\varphi$  и  $E$  в этом случае следует определять при прогнозируемой влажности. При отсутствии указанных данных допускается принимать  $s$ ,  $\varphi$  и  $E$  по результатам испытания грунта в состоянии природной влажности, если последняя больше влажности на границе раскатывания, или при влажности на границе раскатывания, если  $W \leq W_p$ .

Для определения прочностных характеристик грунтов  $s$  и  $\varphi$  в водонасыщенном состоянии образцы грунтов предварительно насыщаются водой до характерных значений влажности.

При определении модуля деформации в полевых условиях допускается проводить испытание грунта при природной влажности с последующей корректировкой полученного значения модуля деформации на основе компрессионных испытаний. Для этого проводятся параллельные компрессионные испытания грунта природной влажности и грунта, предварительно водонасыщенного до требуемого значения влажности. Полученный в лабораторных опытах коэффициент снижения модуля деформации грунта при его дополнительном водонасыщении используется для корректировки полевых данных.

## СТО

Положение уровня грунтовых вод и возможность его изменения в период строительства и эксплуатации возводимых зданий и сооружений влияют на выбор: типа фундаментов, их размеров, глубины заложения, водозащитных мероприятий и пр.

При повышении уровня грунтовых вод могут изменяться деформационные и прочностные свойства глинистых грунтов основания, возникать просадка или набухание грунта, увеличиваться степень морозной пучинистости и пр.

При проектировании оснований должны учитываться как сезонные и многолетние колебания уровня грунтовых вод (и верховодки), так и возможность формирования нового повышенного или пониженного среднего уровня.

При этом следует учитывать возможность образования нового техногенного горизонта, т. е. горизонта, сформировавшегося в результате строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений.

Техногенное повышение уровня грунтовых вод или образование техногенного водоносного горизонта (в том числе и верховодки) определяется действием факторов подтопления:

- активных - непосредственно вызывающих подтопление (например, инфильтрации утечек или поверхностных вод);

- пассивных - не вызывающих подтопления непосредственно, но способствующих его возникновению и развитию (например, нарушение поверхностного стока, гидрогеологические условия и т. п.).

Основными факторами подтопления являются:

- при строительстве - изменение условий поверхностного стока при вертикальной планировке, засыпке естественных дренажей, производстве земляных работ, длительный разрыв между выполнением земляных работ нулевого цикла и строительными работами (закладкой фундаментов, прокладкой коммуникаций и т. п.);

## СТО

- при эксплуатации - инфильтрация утечек производственных вод, уменьшение испарения под зданиями и покрытиями, полив зеленых насаждений и т. п.

Не подтопляемыми территориями являются такие, на которых вследствие благоприятных природных условий (наличия естественного дренирования, наличия хорошо проницаемых грунтов большой мощности и глубокого залегания водоупора и т. п.) или при ограниченном количестве потребляемой предприятием воды заметного увлажнения грунтов оснований и повышения уровня грунтовых вод не происходит или оно не отражается на нормальных условиях эксплуатации заглубленных конструкций зданий и сооружений.

Не подтопляемыми также следует считать территории, на которых возникает кратковременное повышение уровня грунтовых вод или образуется временная верховодка (например, при повышенном количестве атмосферных осадков). На рис. 11 приведена классификация факторов подтопления территорий.

Подтопляемыми территориями являются такие застроенные или застраиваемые территории, в пределах которых происходит постоянное и направленное изменение водного режима в сторону накопления подземных вод и нарушения условий, необходимых для нормальной эксплуатации заглубленных строительных конструкций и помещений.

На подтопляемых территориях приходные статьи водного баланса преобладают над расходными.

Возможные изменения уровня грунтовых вод следует прогнозировать в зависимости от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, характера возводимых зданий и сооружений и наличия в них мокрого технологического процесса, а также технических мероприятий, осуществляемых в процессе строительства и эксплуатации (отрывка котлованов, планировка территорий, устройство и эксплуатация дренажных, водопроводных, канализационных, теплофикационных сетей и т. п.).

На рис. 11 приведена классификация факторов подтопления территорий.

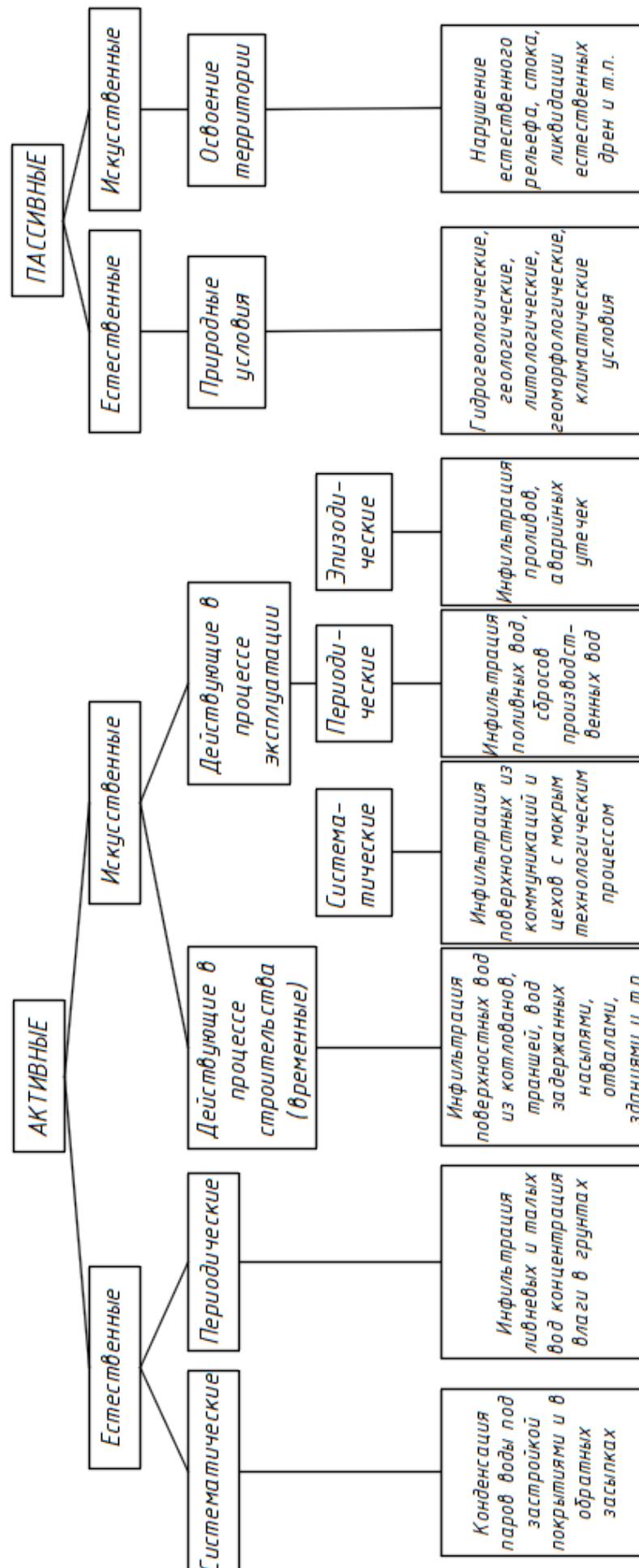


Рис. 11. Классификация факторов подтопления территорий

## СТО

Подтопляемыми территориями являются такие застроенные или застраиваемые территории, в пределах которых происходит постоянное и направленное изменение водного режима в сторону накопления подземных вод и нарушения условий, необходимых для нормальной эксплуатации заглубленных строительных конструкций и помещений.

На подтопляемых территориях приходные статьи водного баланса преобладают над расходными.

Возможные изменения уровня грунтовых вод следует прогнозировать в зависимости от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, характера возводимых зданий и сооружений и наличия в них мокрого технологического процесса, а также технических мероприятий, осуществляемых в процессе строительства и эксплуатации (отрывка котлованов, планировка территорий, устройство и эксплуатация дренажных, водопроводных, канализационных, теплофикационных сетей и т. п.).

При прогнозировании изменения уровня грунтовых вод следует учитывать наибольшую вероятность как его значительного повышения, так и его понижения.

Значительное повышение уровня грунтовых вод может произойти:

- там, где возводятся здания и сооружения в результате барражного эффекта;
- если в районе застройки или вблизи него устраиваются водоподпорные сооружения;
- когда строительная площадка сложена маловодопроницаемыми глинистыми грунтами, а также пылеватými песками, вне зависимости от глубины залегания водоупора.

Понижение уровня грунтовых вод может произойти там, где на застраиваемой или соседней территории устраиваются мелиоративные осушительные сооружения (каналы, дренажные устройства и пр.) или выполняются подземные выработки (тоннели, метро, горные подработки и др.).

## СТО

При прогнозировании изменения уровня грунтовых вод в связи с выбором безопасного для зданий и сооружений его положения следует на основе анализа материалов изысканий выявлять режимобразующие факторы или их комплексы, вызывающие повышение уровня или его понижение. При этом в первом случае выделяется тип искусственного режима грунтовых вод - подпитывающий (инфильтрационно-термический), во втором - водоотборный.

В обоих случаях - при питании и водоотборе - выделяются виды режима по характеру распространения (распределения по территории застройки) действия факторов по площади: равномерное, неравномерное, сплошное или несплошное, линейное, локальное и т. д.

Для каждого из этих видов режима выделяются подвиды в зависимости от действия факторов во времени - систематический, периодический и эпизодический.

При прогнозировании уровня грунтовых вод следует учитывать, что повышение его может происходить как на площадках, застроенных предприятиями с «мокрым» технологическим процессом, так и на площадках с «сухим» технологическим процессом.

В связи с этим следует различать группы предприятий по количеству потребляемой ими воды, от которого зависит объем возможных ее утечек.

Потенциальная подтопляемость территорий в значительной степени зависит от природных условий, в основе которых лежат типовые литологические разрезы, в различной степени подверженные подтоплению, и учитываются гидрологические зоны увлажнения, определяемые согласно «Руководству по определению расчетных гидрологических характеристик» (Ленинград, Гидрометеиздат, 1973). Наименее подтопляемыми являются территории с глубоким залеганием грунтовых вод, сложенные различными грунтами и застроенные предприятиями с «сухим» технологическим процессом, со скоростью подъема  $\leq 0,1$  м в год.

## СТО

Наибольшую вероятность значительного повышения уровня грунтовых вод или образование нового техногенного водоносного горизонта следует ожидать и учитывать при проектировании на территориях I и II типов потенциальной подтопляемости, например, на территории с близким залеганием водоупора, сложенной просадочными грунтами, при отсутствии естественных дренажей и с проектируемой застройкой предприятиями химической, металлургической или энергетической промышленности (ТЭЦ), потребляющими большие количества воды. Понижение уровня грунтовых вод можно ожидать на территориях, дренируемых со специальной целью его понижения, а также при наличии вблизи водозаборных скважин (при отсутствии активных факторов подтопления, которые могут вызвать локальное замачивание грунтов основания).

Расчетное положение уровня грунтовых вод и возможность изменения влажности грунтов в процессе строительства и эксплуатации построенных зданий и сооружений следует принимать по результатам инженерно-геологических изысканий и прогнозов, выполняемых на основе специальных расчетов.

Прогнозирование подтопления выполняется изыскательской организацией в две стадии. Вначале выполняется предварительный, качественный прогноз, затем - количественный.

Качественный прогноз заключается в определении типа потенциальной подтопляемости территории на основе сравнения природных условий территории, а также характеристики проектируемого предприятия по количеству потребляемой им воды.

Установление типа потенциальной подтопляемости территории должно определить минимум требований в задании на последующий этап изысканий, необходимых для выполнения количественного прогноза подтопления.

Количественное прогнозирование выполняется в соответствии с «Рекомендациями» [12].

## СТО

В таблице 7 приведены гидрологические зоны Российской Федерации.

Таблица 7 Гидрологические зоны Российской Федерации

№ схемы природных условий	Типовые литологические разрезы	Мощность слоя, м	Глубина залегания грунтовых вод, м	Гидрологические зоны увлажнения и их географическая приуроченность
1	Слой 1 - лессовидные суглинки и супеси просадочные Слой 2 (водоупор) - глины, песчаники, аргиллиты, известняки и др.	До 15	10-15	Зона переменного увлажнения (Средне-Русская возвышенность, Уфимское плато, долина р. Дон, Украина, Степной Крым, Азово-Черноморская полоса, Западная Сибирь)
2	Слой 1 - супеси, суглинки, пески флювиогляциальные Слой 2 (водоупор относительный) - глины и суглинки моренные	До 15	До 10	Зона избыточного увлажнения (центральные и северо-западные районы европейской части России)
3	Слой 1 - суглинки, супеси, пески пылеватые, мелкие, крупные, галечники Слой 2 (водоупор) - коренные породы различного возраста	До 10	5-10	Зона переменного увлажнения (центральные районы европейской части России, западный и восточный склоны Урала, Восточная Сибирь)
4	Слой 1 - суглинки или супеси покровные малой мощности Слой 2 (водоупор) - глины набухающие	1-3	Более 15	Зона недостаточного и частично переменного увлажнения (Среднее и Нижнее Поволжье, Приволжская низменность, Северный Кавказ)

### **5. Природные и техногенные воздействия, вызывающие изменения инженерно-геологических условий**

Совокупность геологических и инженерно-геологических процессов и сопровождаемых ими явлений характеризует геодинамическую обстановку. Для

## СТО

предотвращения неблагоприятного воздействия инженерно-геологических процессов на территории и сооружениях проводят инженерные, лесомелиоративные и другие мероприятия, осуществляют режимные наблюдения за развитием процессов, составляют и уточняют прогнозы, оповещают о степени опасности для принятия неотложных мер, исключая катастрофические последствия. Классификация этих процессов представлена в таблице 8.

Таблица 8 Классификация инженерно-геологических процессов

Действующие факторы	Типы		Показатели скорости развития (за год, максимальная; средняя многолетняя; за геологическое время)
	геологические	инженерно-геологические (геотехногенные)	
1	2	3	4
Эндогенные процессы и их геотехногенные аналоги			
Масштабные изменения напряжений в земной коре в результате: глубинных процессов в ней деятельности человека (мощные взрывы, создание водохранилищ, крупных подземных полостей)	Разрывные и складчатые тектонические движения, чаще дифференцированные. Сейсмические с образованием разрывов, трещин и раздроблением пород. Извержения вулканов. Лавовые потоки и изменение пород и поверхности под термическим воздействием	Сотрясение и увеличение трещиноватости пород при взрывах Наведенная сейсмичность Выбросы, обжиг, разрыхление и сжатие пород при взрывах	Поднятия и опускания, мм/год (см/год), м - за геологическое время Градиенты неравномерных движений, отнесенных ко времени
Экзогенные процессы и их геотехногенные аналоги			
Изменение термодинамических условий, факторы внешней среды, биогенные, подземные воды	Разуплотнение массивов пород вследствие разгрузки естественных напряжений Выветривание - образование дисперсной, обломочной и трещинной зон разрушенных пород	Разуплотнение массивов пород при создании выемок и строительных работах	Скорость образования верхнего горизонта выветривания, м/год (см/год), в условиях сноса и без него на разных геоморфологических элементах
Воздействие поверхностных вод (морских, озерных, речных, овражных); скорости течения, режим и энергия волн и речных вод; то же - склоновые стоки	Абразионные: размывы на отмелях, в уступах и в зоне волноприбоя при переменных уровнях; формирование и вдольбереговое перемещение наносов	Переработка берегов водохранилищ с разными гидрологическими режимами Размывы русел и берегов рек при аварийных пропусках вод и разрушении плотин	Объем переработки, м <sup>3</sup> /год, на 1 м берега. Перемещение линии уреза и бровки абразионного уступа, м/год
	Эрозионные: размывы на склонах, в оврагах, на	Усиление смыва и оврагообразования при	Увеличение степени эрозионной

# СТО

	бечевниках рек и в уступах над ними (в зоне переменных уровней и в руслах)	строительстве, сбросах ирригационных вод Размывы и образование наносов, меандрирование русла в магистральных каналах	расчлененности, длины оврагов, перемещения русла реки и т.п. за год или другое время
	Селевые: «связные» (обломочно-глинистые); «несвязные» (щебенисто-глибовые); переходного типа	Селевые потоки разных объемов при прорыве плотин и дамб, ограждающих водохранилищ с катастрофическими последствиями	Значительная, до 10 м/с, с заторами и прорывами
	Аккумулятивные образования аллювия, делювия, пролювия и др.	Техногенный намыв песчаных и суглинистых масс	
Воздействие подземных вод Агрессивность, расходы и режим воды, скорость течения и гидравлические градиенты	Подтопление территорий Выщелачивание и вынос из пор, трещин и гнезд Карстовые в гипсах, солях и карбонатных породах Суффозионные (подземно-эрозионные) - размыв и вынос дисперсного материала из пор, трещин и каверн; размыв и образование полостей в лессовых и глинистых породах Карстово-суффозионные, с вымыванием и кольматацией материала «Грязевые вулканы»	Подтопление территорий, сооружений и месторождений при подпоре подземных вод (создание водохранилищ; утечки из водонесущих коммуникаций, нерегулируемые поливы, фильтрация из каналов и водоемов) Гидродинамическое давление техногенного фильтрационного потока на породы Активизация выщелачивания, карста и провалов Активизация размыва, суффозии, кольматация и деформация пород при изменении режима подземных вод Плывуны в песках и лессовых породах при их вскрытии	Скорость подтопления-приращение площади с заданной глубиной уровня грунтовых вод за один год, 10 лет и т. д. Активность карста - отношение объема растворимых пород к оцениваемому элементу или всему массиву, %. за 1000 лет

## Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Гравитационные, склоновые Массы смещающихся пород на склонах; изменение прочности, напряженного состояния	Обвально-осыпные Оползневые разных типов и объемов Дисперсионные и солифлюкционные Переходные и сложные типы	Возникновение и активизация на склонах разных оползней при техногенном возрастании напряжений, изменении прочности пород, гидродинамического	Скорость движения различная, от см/год до n 10 м/с; движущиеся непрерывно, периодически через длительные и геологические отрезки времени (в новых формах)

# СТО

гидрогеологического режима массива пород	Трещины бортового отпора, атектонические складчатые деформации и выпор	давления и др. Возникновение оползней, обвалов и осыпей на откосах выемок и бортах карьеров Выпор dna выемок Прорывы напорных вод и взламывание dna выемок Образование оползней на откосах каналов, дамб и склонах при фильтрации воды из каналов, проложенных на склонах	
Золыые Скорость и энергия ветра	Развевание и перенос песчаных и пылеватых масс, с образованием западин, дюн, останцев и т. п.	Усиление процессов из-за вырубки растительности, уничтожения почвенного покрова и др.	Скорость и объемы перемещения дюн
Гипергенный литогенез	Просадки в лессах и рыхлых пепловых накоплениях Уплотнение и образование западин в малолитифицированных глинистых породах Образование карбонатных железенных и окремнелых «корок»	Уплотнение песчаных, глинистых и других пород методами технической мелиорации, давлением от веса инженерных сооружений, при вибрации и других воздействиях	Скорость развития просадок во времени по изменению плотности за сутки, месяц, год

Конец таблицы 8

1	2	3	4
Изменение напряженного состояния и свойств массивов пород, режима подземных вод под влиянием	Обрушения пород в сводах над карстовыми и другими естественными полостями и	Сдвигение пород и образование мульды проседания над выработанным пространством Прогибы и размывы слоев пород и мульды проседания при откачках воды, нефти и газа	Скорость релаксации напряжений и размеры ее зоны за разные интервалы времени Скорость развития

## СТО

природных и техногенных факторов	образование воронок	Горные удары в трещиноватых прочных породах Выпоры в пластичных породах Горное давление на крепь подземных сооружений и образование зоны разрушения Вывалы пород из кровли и стен выработки Водопритоки и усиление деформаций пород вокруг подземных выемок Прорывы плывунов и суффозия	инженерно-геологических явлений при подземных работах за сутки, месяц, год
----------------------------------	---------------------	--	--

Для составления пространственно-временного прогноза изменения инженерно-геологических условий в процессе освоения и эксплуатации территорий используются прогнозные инженерно-геологические карты, которые разделяются на общие и специальные.

На общих картах – прогноз изменения ИГУ вод воздействием основных видов массового освоения.

На специальных картах – под воздействием конкретного вида строительства.

Классификация инженерно-геологических карт [15]:

- карты инженерно-геологических условий;
- карты инженерно-геологического районирования;
- карты изменённости инженерно-геологических условий;
- карты инженерно-геологические прогнозные.

Также при прогнозировании следует использовать карты изменчивости геологической среды. На этих картах отображается комплекс природных и антропогенных геологических процессов и оценивается степень изменчивости геологической среды под влиянием деятельности человека. Эти карты содержат элементы карт ИГУ и карт районирования, но представляют самостоятельный тип.

Результаты прогноза изменений инженерно-геологических условий должны оформляться в виде технического отчета в соответствии с требованиями нормативных документов и государственных стандартов России, состоящего из

## СТО

текстовой и графической частей и приложений (в текстовой, графической, цифровой и иных формах представления информации).

Основным нормативным документом для оформления технического отчета служат требования [11].

В текстовой части технического отчета необходимо приводить сведения о задачах инженерных изысканий, местоположении района (площадки, трассы), характере проектируемых объектов строительства, видах, объемах и методах работ, сроках их проведения и исполнителях работ, соответствии результатов инженерных изысканий договору, материалы и данные результатов комплексного изучения природных и техногенных условий территории объекта строительства.

Графическая часть технического отчета о выполненных инженерных изысканиях содержит: карты, планы, разрезы, профили, графики, таблицы параметров (характеристик, показателей), каталоги данных, содержащих основные результаты изучения, оценки и прогноза возможных изменений природных и техногенных условий объекта строительства.

Технический отчет должен представляться заказчику, а также передаваться в установленном порядке в соответствии с договором с сохранением авторства в территориальные фонды материалов инженерных изысканий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления и другие фонды.

Материалы выполненных полевых работ не входят в состав технического отчета, заказчику не передаются и должны храниться вместе с подлинником технического отчета, в архиве исполнителя инженерных изысканий.

Материалы инженерных изысканий подлежат обязательной государственной экспертизе, в части полноты, качества и достоверности данных для проектирования зданий и сооружений, обеспечения охраны окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов.

## **СТО**

Отчетные материалы по прогнозу на различных этапах проектирования и эксплуатации (реконструкции) включаются в состав соответствующих отчетов об инженерно-геологических изысканиях.

### **6. КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ И ДОСТАТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

Для обеспечения создания достоверных результатов инженерных изысканий система ТКК (технический контроль качества) вида или видов работ по ИГИ (инженерно-геологические изыскания) должна включать следующие основные процедуры:

- а) входной технический контроль;
- б) технический контроль в процессе выполнения работ;
- в) инспекционная проверка (инспекционный контроль) ТКК;
- г) входной приёмочный контроль изыскательских материалов;
- д) выходной технический контроль результатов ИГИ;
- е) метрологическая экспертиза результатов ИГИ.

Рекомендуемые виды ТКК для различных видов инженерно-геологических изысканий приведены в Приложении 5.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(рекомендуемое)

**ФОРМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на производство инженерно-геологических изысканий

для строительства зданий и сооружений

1. Объект и адрес \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  2. Заказчик \_\_\_\_\_
  3. Стадия проектирования \_\_\_\_\_
  4. Серия здания (по типовому или индивидуальному проекту) \_\_\_\_\_
  5. Уровень ответственности здания \_\_\_\_\_
  6. Габариты здания в плане и полезная площадь \_\_\_\_\_
  7. Количество и высота этажей \_\_\_\_\_
  8. Наличие подвала, его назначение и заглубление от поверхности земли  
\_\_\_\_\_
  9. Конструкция здания
    - а) основные несущие конструкции (каркас, панели, кирпичные стены) \_\_\_\_\_
    - б) ограждающие конструкции (панели, кирпичные стены) \_\_\_\_\_
  10. Предполагаемый тип фундаментов \_\_\_\_\_
  11. Нагрузки (на погонный метр ленточного фундамента, на отдельную опору, на 1 м<sup>2</sup> плиты) \_\_\_\_\_
  12. Планировочные отметки (ориентировочно) \_\_\_\_\_
  13. Предельные значения средних осадок фундаментов \_\_\_\_\_
  14. Особые требования к изысканиям \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  15. Геотехническая категория объекта \_\_\_\_\_
- Заказчик \_\_\_\_\_

" " \_\_\_\_\_ 20 г.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на производство инженерно-геологических изысканий при реконструкции здания  
(сооружения)

1. Объект и адрес \_\_\_\_\_

2. Заказчик \_\_\_\_\_

3. Характеристика здания \_\_\_\_\_

4. Уровень ответственности здания \_\_\_\_\_

5. Габарит предполагаемой к обследованию части здания \_\_\_\_\_

6. Обследованию подлежат (да, нет):

а) Фундаменты и основание \_\_\_\_\_

б) Стены \_\_\_\_\_

в) Внутренние отдельно стоящие опоры \_\_\_\_\_

г) Прочие конструкции (перечислить) \_\_\_\_\_

7. Временные нормативные нагрузки по этажам:

а) существующие \_\_\_\_\_

б) будущие \_\_\_\_\_

8. Дополнительные постоянные нагрузки \_\_\_\_\_

9. Конечные цели обследования здания \_\_\_\_\_

10. Геотехническая категория объекта \_\_\_\_\_

Заказчик \_\_\_\_\_

" " \_\_\_\_\_ 20 г.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на производство инженерно-геологических изысканий для строительства подземных и заглубленных сооружений

1. Объект и адрес \_\_\_\_\_

2. Заказчик \_\_\_\_\_

3. Стадия проектирования \_\_\_\_\_

4. Уровень ответственности сооружения \_\_\_\_\_

5. Краткая характеристика сооружения \_\_\_\_\_

6. Предполагаемая глубина заложения \_\_\_\_\_

7. Способ устройства (открытым или закрытым способом) \_\_\_\_\_

8. Основные технические данные:

а) Локального сооружения:

габариты сооружения \_\_\_\_\_

основные несущие конструкции \_\_\_\_\_

предполагаемый тип фундаментов \_\_\_\_\_

сведения о нагрузках \_\_\_\_\_

б) Линейного сооружения:

начало и конец сооружения (трассы) \_\_\_\_\_

характерные точки трассы \_\_\_\_\_

габариты (диаметр) поперечника \_\_\_\_\_

материал сооружения \_\_\_\_\_

9. Особые требования к изысканиям \_\_\_\_\_

10. Геотехническая категория объекта \_\_\_\_\_

Заказчик \_\_\_\_\_

" " \_\_\_\_\_ 20 г.

## Техническая характеристика проектируемых зданий и сооружений

№	№ по эксплика ции	Вид и назначение проектируем ого сооружения	Конструктивн ые особенности	Габарит ы (длина, ширина, высота)	Намечаемы й тип фундамента (свайный, плита, ленточный), его размеры, отметка ростверка свайного фундамента	Этаж ность	Нагрузка на фундамент		Предполагаем ая глубина заложения фундамента или погружение сваи	Мокрые технологиче ские процессы	Подвалы, прямки, их глубина и назначен ие	Динамическ ие нагрузки	Предполага емые нагрузки на грунты, кгс/см <sup>2</sup>	Чувствительност ь к неравномерным осадкам (допускаемые величины деформации)	Прочие сведен ия
							на одну опору (куст свай)	на 1 м длин ы (свай нос поле)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Примечание. В гр. 16 следует приводить удельный расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на 1 га территории предприятия (жилого массива) и плотность застройки, %, - при необходимости разработки прогноза подтопления; объем и количественный состав промышленных сбросов (при наличии очистных сооружений - на входе и выходе из них) - при необходимости разработки прогноза загрязнения и т.п.

Главный инженер проекта \_\_\_\_\_

(подпись)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
(рекомендуемое)

**КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

Таблица 2.1

<b>Факторы</b>	<b>I (простая)</b>	<b>II (средней сложности)</b>	<b>III (сложная)</b>
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная, слабо расчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разнога генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех различных по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	Более четырех различных по литологии слоев. Мощност резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка
Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два и более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию
Геологические и	Отсутствуют	Имеют ограниченное	Имеют широкое распространение и (или)

# СТО

инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений		распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Специфически е грунты в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно- геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ

## Уровень ответственности сооружений (наземных, подземных и заглубленных)

Таблица 2.2

Уровень ответственности сооружений	Характеристики зданий и сооружений
Повышенный I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Резервуары для нефти и нефтепродуктов емкостью 1000 м<sup>3</sup> и более;</li> <li>- Производственные здания с пролетами 100 м и более;</li> <li>- Сооружения связи, в т.ч. телевизионные башни высотой 100 м и более;</li> <li>- Крытые спортивные сооружения с трибунами;</li> <li>- Жилые здания повышенной этажности (24 этажа и более);</li> <li>- Здания крупных торговых центров, в т.ч. крытых рынков;</li> <li>- Здания учебных и детских дошкольных учреждений;</li> <li>- Здания больниц и родильных домов;</li> <li>- Здания зрелищных учреждений и учреждений культурно-массового назначения (кинотеатры, театры, цирки и пр.);</li> <li>- Головные сооружения теплоснабжения, энергоснабжения, водоснабжения и канализации, их подводящие и отводящие трубопроводы;</li> <li>- Канализационные коллекторы, водопроводные магистрали, общие коллекторы подземных коммуникаций и другие коммуникации жизнеобеспечения города, проходящие под транспортными магистралями, в жилой застройке или в зоне влияния на них;</li> <li>- Крупные подземные и прочие комплексы, размещаемые в центральной части города или центрах его административных округов;</li> <li>- Надземные и подземные комплексы различного назначения, в т.ч. гаражи, автостоянки, размещаемые в пределах красных линий городских магистралей;</li> <li>- Уникальные здания и сооружения;</li> <li>- Отдельно стоящие подземные сооружения различного назначения (в т.ч. гаражи-автостоянки), размещаемые внутри кварталов жилой застройки, с количеством этажей более 3-х.</li> </ul>
Нормальный II Пониженный III	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Здания и сооружения массового строительства (жилые, общественные, производственные, торговые здания, объекты коммунального назначения, складские помещения и пр.);</li> <li>- Уличные и внутриквартальные сети подземных коммуникаций различного назначения;</li> <li>- Отдельно стоящие подземные сооружения различного назначения (в т.ч. гаражи-автостоянки), размещаемые внутри кварталов жилой застройки, с количеством этажей не более 3-х, кроме сооружений гражданской</li> </ul>

## СТО

обороны;

- Опоры освещения городских улиц и дорог;
- Временные ограждения траншей и котлованов со сроком службы более 1 года, если их влияние не сказывается на здания и сооружения более высокого уровня ответственности;
- Канализационные коллекторы, водопроводные магистрали, общие коллекторы подземных коммуникаций и др. коммуникации жизнеобеспечения города, не проходящие под транспортными магистралями, расположенные вне жилой застройки и вне зоны влияния на них;

- Здания и сооружения сезонного или вспомогательного назначения (теплицы, парники, торговые павильоны, небольшие склады без процессов сортировки и упаковки и пр.);

- Жилые дома с 1-3 этажами и подводящие коммуникации к ним;
- Опоры проводной связи, опоры освещения внутри жилых кварталов, ограды и пр.;
- Временные здания и сооружения со сроком службы до 5 лет;
- Временные ограждения траншей и котлованов со сроком службы до 1 года, если их влияние не сказывается на здания и сооружения более высокого уровня ответственности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(рекомендуемое)

**ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ И РАСЧЕТНЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

**Пример 1:** Выполнено 10 испытаний сопротивления глинистого грунта сдвигу, каждое при 3-х уплотняющих нагрузках, т.е. рассматриваемая выборка включает 30 членов. (см. табл. 3.1)

Таблица 3.1 Выборка испытаний грунта

Значения $\tau$ МПа	Номера образцов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1=0.1$ МПа	0,055	0,060	0,060	0,065	0,075	0,085	0,085	0,085	0,086	0,095
$P_2=0.2$ МПа	0,075	0,080	0,088	0,107	0,110	0,110	0,117	0,118	0,121	0,127
$P_3=0.3$ МПа	0,097	0,100	0,110	0,136	0,150	0,140	0,150	0,158	0,159	0,175

Составляется вспомогательная таблица, с помощью которой будет выполнена статистическая проверка на исключение грубых ошибок в определении  $\tau_i$  (см. табл. 3.2)

Таблица 3.2 Статистическая проверка на исключение грубых ошибок

	P=0.1МПа			P=0.2МПа			P=0.3МПа				
	$\tau_i$	$\bar{\tau} - \tau_i$	$(\bar{\tau} - \tau_i)^2$	$\tau_i$	$\bar{\tau} - \tau_i$	$(\bar{\tau} - \tau_i)^2$	$\tau_i$	$\bar{\tau} - \tau_i$	$(\bar{\tau} - \tau_i)^2$		
1	0.055	0.018	0.000324	0.077	0.028	0.000784	0.097	0.040	0.00160		
2	0.060	0.013	0.000169	0.080	0.025	0.000625	0.100	0.037	0.00137		
3	0.060	0.013	0.000169	0.088	0.017	0.000289	0.110	0.027	0.00073		
4	0.065	0.008	0.000064	0.107	-0.002	0.000004	0.136	0.001	0.000001		
5	0.065	0.008	0.000064	0.110	-0.005	0.000025	0.140	-0.003	0.000009		
6	0.075	-0.002	0.000004	0.110	-0.005	0.000025	0.150	-0.013	0.000169		
7	0.085	-0.012	0.000144	0.117	-0.012	0.000144	0.150	-0.013	0.000169		
8	0.085	-0.012	0.000144	0.118	-0.013	0.000169	0.158	-0.021	0.000441		
9	0.086	-0.013	0.000169	0.121	-0.016	0.000169	0.159	-0.022	0.000484		
10	0.095	-0.022	0.000484	0.127	-0.022	0.000484	0.175	-0.038	0.001444		
$\Sigma_1=0.731$			$\Sigma_2=0.001735$			$\Sigma_1=1.055$			$\Sigma_2=0.00272$		
$\bar{\tau}_1 = \frac{0.731}{10} = 0.0731;$			$\bar{\tau}_2 = \frac{1.055}{10} = 0.105;$			$\bar{\tau}_3 = \frac{1.375}{10} = 0.137;$					
$S_{cm} = \sqrt{\frac{0.001735}{10}} = 0.0132;$			$S_{cm} = \sqrt{\frac{0.00272}{10}} = 0.0165;$			$S_{cm} = \sqrt{\frac{0.00342}{10}} = 0.0253;$					
$v = 2,41$ (см.табл. 3); $v * S_{cm} = 0,0318;$			$v = 2,41$ (см.табл. 3); $v * S_{cm} = 0,0398;$			$v = 2,41$ (см.табл. 3); $v * S_{cm} = 0,0610;$					
$ \bar{\tau} - \tau_i  = 0.0731 - 0.055 = 0.018$			$ \bar{\tau} - \tau_i  = 0.105 - 0.077 = 0.028$			$ \bar{\tau} - \tau_i  = 0.137 - 0.097 = 0.040$					
$0.018 < 0.0318$			$0.028 < 0.0398$			$0.040 < 0.061$					

Условие  $|\bar{X} - X_i| < vS_{cm}$  выполняется для всех 3 выборок. Следовательно, крайний член выборки включен в нее обоснованно.

Для вычисления нормативных и расчетных значений сцепления и угла внутреннего трения составляется вспомогательная таблица (табл. 3.3).

$$\hat{\tau} = P_i \operatorname{tg} \varphi^H + c^H;$$

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n P_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n P_i \right)^2 = 30 * 1.40 - 36 = 42 - 36 = 6.0;$$

$$c^H = \frac{1}{\Delta} \left( \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n P_i^2 - \sum_{i=1}^n P_i \sum_{i=1}^n \tau_i P_i \right) = 0.167(4.42 - 4.18) = 0.167 * 0.24 = 0.041 \text{ МПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi^H = \frac{1}{\Delta} \left( n \sum_{i=1}^n \tau_i P_i - \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n P_i \right) = 0.167(20.90 - 18.97) = 0.167 * 1.93 = 0.322;$$

$$\varphi = 17^{\circ} 52' \approx 18^{\circ}.$$

Уравнение  $\tau = f(P)$  для рассматриваемой выборки будет иметь вид

$$\tau = p \operatorname{tg} \varphi^H + c^H = 0,322P + 0.04.$$

Необходимо проверить это уравнение. Проверка заключается в сопоставлении среднего значения сдвигающего усилия, вычисляемого по формуле:

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{n} = \frac{3.161}{30} = 0.1054 \text{ МПа}$$

Среднее значение уплотняющих нагрузок  $\bar{P}$  определяется из выражения

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{6,0}{30} = 0,20 \text{ МПа}$$

Тогда  $\bar{\tau} = 0,322 * 0,20 - 0,041 = 0,1054 \text{ МПа}$ , т.е  $0,1054 = 0,1054$

Таблица 3.3

$P_i$		$\tau_i$	$P_i^2$	$P_{i\tau_i}$	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\tau}_i - \tau_i$	$(\hat{\tau}_i - \tau_i)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.10	0.055	0.01	0.0055	0.072	0.017	0.00029
2	0.10	0.060	0.01	0.0060	0.072	0.012	0.00014
3	0.10	0.060	0.01	0.0060	0.072	0.012	0.00014
4	0.10	0.065	0.01	0.0065	0.072	0.007	0.00005
5	0.10	0.065	0.01	0.0065	0.072	0.007	0.00005
6	0.10	0.075	0.01	0.0075	0.072	-0.003	0.00001
7	0.10	0.085	0.01	0.0085	0.072	-0.013	0.00017
8	0.10	0.085	0.01	0.0085	0.072	-0.013	0.00017
9	0.10	0.086	0.01	0.0086	0.072	-0.014	0.00010
10	0.10	0.095	0.01	0.0095	0.072	-0.023	0.00053
11	0.20	0.077	0.04	0.0154	0.104	0.027	0.00073
12	0.20	0.080	0.04	0.0160	0.104	0.024	0.00058
13	0.20	0.088	0.04	0.0176	0.104	0.016	0.00026
14	0.20	0.107	0.04	0.0214	0.104	-0.003	0.00001
15	0.20	0.110	0.04	0.0220	0.104	-0.006	0.00004
16	0.20	0.110	0.04	0.0220	0.104	-0.006	0.00004
17	0.20	0.117	0.04	0.0234	0.104	-0.013	0.00017

# CTO

18	0.20	0.118	0.04	0.0236	0.104	-0.014	0.00020
19	0.20	0.121	0.04	0.0242	0.104	-0.017	0.00029
20	0.20	0.127	0.04	0.0254	0.104	-0.023	0.00053
21	0.30	0.097	0.09	0.0291	0.137	0.040	0.00160
22	0.30	0.100	0.09	0.0300	0.137	0.037	0.00137
23	0.30	0.110	0.09	0.0330	0.137	0.027	0.00073
24	0.30	0.136	0.09	0.0408	0.137	0.001	0.00000
25	0.30	0.150	0.09	0.0450	0.137	-0.013	0.00017
26	0.30	0.140	0.09	0.0420	0.137	-0.003	0.00001
27	0.30	0.150	0.09	0.0450	0.137	-0.013	0.00017
28	0.30	0.158	0.09	0.0474	0.137	-0.021	0.00044
29	0.30	0.159	0.09	0.0477	0.137	-0.022	0.00048
30	0.30	0.175	0.09	0.0525	0.137	-0.038	0.00044
	$\sum P_i = 6.00$	$\sum \tau_i = 3.161$	$\sum P_i^2 = 1.40$	$\sum \tau_i P_i = 0.6966$	-	-	$\sum (\hat{\tau}_i - \tau_i)^2 = 0.0110$

После заполнения граф 7 и 8 табл. 3.3 выполняются следующие операции:

$$S_{\tau} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i^2 \operatorname{tg} \varphi^H + c^H - \tau_i)^2} = \sqrt{0,0345 * 0,0110} = 0,019 \text{ МПа};$$

$$S_c = S_{\tau} \sqrt{\sum_{i=1}^n P_i^2} = 0,019 \sqrt{1,40} = 0,019 * 1,183 = 0,022 \text{ МПа};$$

$$S_{\operatorname{tg} \varphi} = S_{\tau} \sqrt{\frac{n}{\Delta}} = 0,019 \sqrt{\frac{30}{6}} = 0,019 * 2,236 = 0,042.$$

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле

$$v_c = \frac{S_c}{c^H} = \frac{0,022}{0,041} = 0,53$$

$$v_{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{S_{\operatorname{tg} \varphi}}{\operatorname{tg} \varphi^H} = \frac{0,042}{0,322} = 0,13$$

При расчете оснований по несущей способности  $\alpha$  принимается равной 0,95. Число степеней свободы для этих показателей  $n-2$ , т.е. в данном случае 28.

Необходимо определить показатель точности оценки нормативных значений  $\rho$  по формуле:

$$\rho = t_{\alpha} * v_c.$$

По таблице Е.2 Приложения Е ГОСТ 20522-2012 определяем  $t_{\alpha} = 1,70$ . Тогда для сцепления  $\rho = 1,70 * 0,53 = 0,90$ ; для коэффициента внутреннего трения  $\rho = 1,70 * 0,13 = 0,22$

Расчетное значение сцепления:

$$c_1 = c^H (1 - \rho) = 0,041 (1 - 0,9) = 0,0041 \text{ МПа}$$

Расчетное значение коэффициента внутреннего трения равно:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi^H (1 - \rho) = 0,322 (1 - 0,22) = 0,251$$

Отсюда  $\varphi_1 = 14^{\circ}6 \approx 14^{\circ}$

При расчете оснований по деформациям  $\alpha$  принимается равной 0,85. По табл. находим, что  $t_{\alpha} = 1,05$ .

## СТО

Тогда для сцепления  $\rho = t_\alpha \cdot v = 1,05 \cdot 0,53 = 0,55$ ; для коэффициента внутреннего трения  $\rho = t_\alpha \cdot v = 1,05 \cdot 0,13 = 0,14$ .

Расчетное значение сцепления будет равно:

$$c_{II} = c^H(1 - \rho) = 0,041 \cdot 0,45 = 0,018 \text{ Мпа.}$$

Расчетное значение коэффициента внутреннего трения равно:

$$\text{tg } \varphi_{II} = \text{tg } \varphi^H (1 - \rho) = 0,322 \cdot 0,86 = 0,277.$$

Отсюда  $\varphi_{II} = 15^\circ 30'$ .

**Пример 2:** Выполнено определение удельного веса суглинков  $\gamma$  кН/м<sup>3</sup>. Требуется вычислить нормативное и расчетное значение данной характеристики. Для удобства расчетов составляется вспомогательная таблица (табл.3.4).

Таблица 3.4

	$\gamma_i$	$\bar{\gamma} - \gamma_i$	$(\bar{\gamma} - \gamma_i)^2$
1	20,6	-1,32	1,742
2	19,9	-0,62	0,384
3	19,7	-0,42	0,176
4	19,5	-0,22	0,048
5	19,4	-0,12	0,014
6	19,4	-0,12	0,014
7	19,2	0,08	0,006
8	18,5	0,78	0,608
9	18,4	0,88	0,774
10	18,2	1,08	0,166
n=10	$\sum_1 = 192,8$	—	$\sum_2 = 4,932$

$$\bar{\gamma} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{192,8}{10} = 19,28 \text{ кН/м}^3$$

Вычисляем значения  $S$  и  $S_{см}$ :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{\gamma} - \gamma_i)^2} = \sqrt{\frac{\sum_2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,932}{9}} = 0,74 \text{ кН/м}^3$$

## СТО

$$S_{\text{см}} = S \sqrt{\frac{n-1}{n}} = 0,74 \cdot 0,95 = 0,70 \text{ кН/м}^3, v = \frac{\bar{\gamma}}{S} 0,038$$

Выявление нехарактерных значений проводим по формуле:

$$\left| \bar{\gamma} - \gamma_{\min} \right| < v S_{\text{см}}$$

$$\gamma_{\min} = 20,6 \text{ кН/м}^3 \text{ v при } n=10 \text{ равно } 2,41;$$

Тогда  $|19,3 - 20,6| = 1,3$ ;

$$\sigma_{\text{см}} \cdot v = 0,70 \cdot 2,41 = 1,69,$$

$$1,3 < 1,69.$$

Следовательно, не один из членов выборки не исключается как нехарактерный.

Далее выполняется вычисление нормативного и расчетного веса грунта:

$$\gamma^H = \bar{\gamma} = 19,13 \text{ кН/м}^3$$

При расчете основания по несущей способности  $\alpha$  принимается 0,95. Число степеней свободы для этого показателя в данном случае 8. По таблице Е.3 из Приложения Е ГОСТ 20522-2012 находим, что  $t_\alpha=1,83$ . Тогда:

$$\rho = \frac{t_\alpha \cdot v}{\sqrt{n}} = \frac{1,83 \cdot 0,038}{\sqrt{10}} = 0,0218 \approx 0,022$$

$$\gamma_1 = \gamma^H (1 - \rho) = 19,28 \cdot (1 - 0,022) = 18,85 \text{ кН/м}^3$$

При расчете основания по деформациям  $\alpha$  принимается 0,85. Число степеней свободы, как и в предыдущем случае равно 9. По табл. Е.3 Приложения Е ГОСТ 20522-2012 находим, что  $t_\alpha=1,10$ . Тогда:

$$= \frac{t_\alpha \cdot v}{\sqrt{n}} = \frac{1,10 \cdot 0,038}{3,16} = 0,011$$

$$\gamma_{\text{..}} = \gamma^H (1 - \rho) = 19,28 \cdot (1 - 0,011) = 19,06 \text{ кН/м}^3$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(рекомендуемое)

**ПРИМЕР РАСЧЕТА КОРРЕЛЯЦИОННОГО ОТНОШЕНИЯ**

**Пример:** проведены испытания 34 образцов торфа (табл. 4.1).  
Необходимо установить корреляционную зависимость.

Таблица 4.1

№№ п.п	Сцепление с, Мпа 10 <sup>-3</sup>	Зольность %	№№ п.п.	Сцепление с, Мпа 10 <sup>-3</sup>	Зольность %
1	14	8,5	18	54	12,20
2	23	9,10	19	35	12,30
3	28	9,20	20	42	12,30
4	24	9,30	21	38	12,50
5	27	9,50	22	46	12,50
6	25	9,70	23	38	12,80
7	32	9,80	24	42	12,80
8	34	10,30	25	48	12,80
9	29	10,50	26	58	13,20
10	35	10,50	27	45	13,30
11	36	10,50	28	45	13,50
12	44	11,10	29	48	13,80
13	35	11,30	30	52	13,80
14	33	11,50	31	56	14,30
15	42	11,60	32	48	14,50
16	56	11,70	33	46	14,50
17	38	11,90	34	56	14,80

Строится график парных зависимостей сцепления и зольности и разбивается на интервалы (см. рис. 4.1).

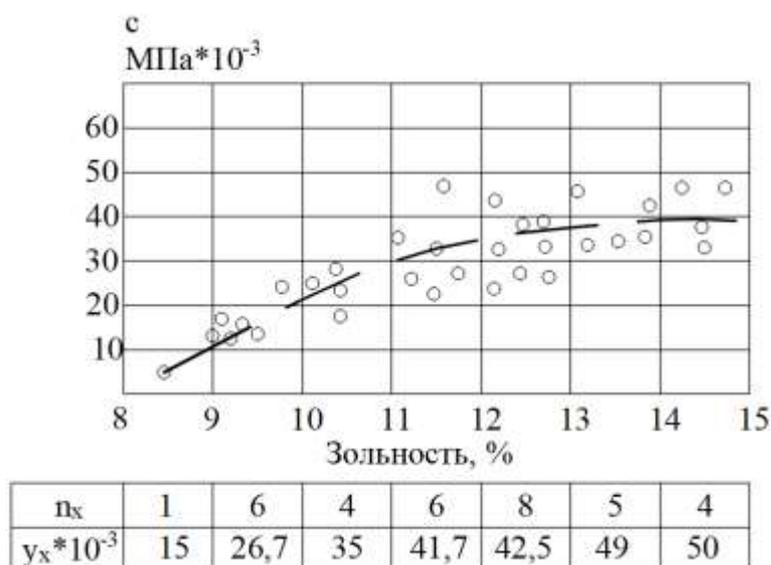


Рис. 4.1. Установление корреляционной зависимости между показателем сопротивления сдвигу торфа и его зольностью.

После разбивки графика на интервалы определяется среднее значение величины  $y$  для отдельных интервалов, выделенных по оси  $x$ :

$$\begin{aligned}\bar{y}_{x1} &= \frac{15 \cdot 10^{-3}}{1} = 15 \cdot 10^{-3} \\ \bar{y}_{x2} &= \frac{25 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 35 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{6} = 26,67 \cdot 10^{-3} \\ \bar{y}_{x3} &= \frac{25 \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 35 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{4} = 35 \cdot 10^{-3} \\ \bar{y}_{x4} &= \frac{35 \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 45 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 55 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{4} = 41,67 \cdot 10^{-3} \\ \bar{y}_{x5} &= \frac{35 \cdot 3 \cdot 10^{-3} + 45 \cdot 4 \cdot 10^{-3} + 55 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{8} = 42,5 \cdot 10^{-3} \\ \bar{y}_{x6} &= \frac{45 \cdot 3 \cdot 10^{-3} + 55 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{5} = 49 \cdot 10^{-3} \\ \bar{y}_{x7} &= \frac{45 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 55 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4} = 50 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

После этого вычисляются основные статистические характеристики распределения индивидуальных значений величины  $y$ :

$$\bar{y} = 40 \cdot 10^{-3}; S_y = 10,7 \cdot 10^{-3}.$$

Для определения средних квадратичных отклонений средних значений величины  $y$ , вычисленных для отдельных интервалов необходимо составить вспомогательную таблицу (табл. 4.2).

# СТО

Таблица 4.2

$\bar{y}_x$	$n_x$	$\bar{y}_x - A$	$(\bar{y}_x - A)^2$	$n_x(\bar{y}_x - A)^2$
1	2	3	4	5
$15 \cdot 10^{-3}$	1	$-26,67 \cdot 10^{-3}$	$711,29 \cdot 10^{-3}$	$711,29 \cdot 10^{-3}$
$26,67 \cdot 10^{-3}$	6	$-15 \cdot 10^{-3}$	$225 \cdot 10^{-3}$	$1350,00 \cdot 10^{-3}$
$35 \cdot 10^{-3}$	4	$-6,67 \cdot 10^{-3}$	$44,48 \cdot 10^{-3}$	$177,92 \cdot 10^{-3}$
$41,67 \cdot 10^{-3}$	6	0	0	0
$42,5 \cdot 10^{-3}$	8	$0,83 \cdot 10^{-3}$	$0,69 \cdot 10^{-3}$	$5,52 \cdot 10^{-3}$
$49 \cdot 10^{-3}$	5	$7,33 \cdot 10^{-3}$	$53,73 \cdot 10^{-3}$	$268,65 \cdot 10^{-3}$
$50 \cdot 10^{-3}$	4	$8,33 \cdot 10^{-3}$	$69,39 \cdot 10^{-3}$	$277,56 \cdot 10^{-3}$
	n=34		$\sum n_x(\bar{y}_x - a)^2 = 2790,94 \cdot 10^{-3}$	

Графа 1 – средние значения величин у для отдельных интервалов, выделенных по оси х.

Графа 2 – кол-во точек, попавших в отдельный интервал.

Графа 3 – разности между значениями отдельных средних, помещенных в 1-й графе, и выбранным числом  $a$ .

Графа 4 – квадраты разностей.

Графа 5 – произведения квадратов этих разностей на частоты (графа 2).

Вычисляем среднее квадратическое отклонение:

$$S_{\bar{y}_x} = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_x(\bar{y}_x - a)^2 - (\bar{y} - a)^2},$$

$$S_{\bar{y}_x} = \sqrt{\frac{1}{34} \cdot 2,79 - (40 \cdot 10^{-3} - 41,67 \cdot 10^{-3})^2} = 8,9 \cdot 10^{-3}.$$

Корреляционное отношение:

$$\eta = \frac{S_{\bar{y}_x}}{S_y} = \frac{8,9 \cdot 10^{-3}}{10,7 \cdot 10^{-3}} = 0,83.$$

Вычисляем ошибку корреляционного отношения  $m_\eta$ :

## СТО

$$m_{\eta} = \frac{1 - 0,83^2}{\sqrt{34}} = 0,053.$$

Значение  $\eta - 3m_{\eta} = 0,83 - 3 * 0,053 = 0,67$ . Сравнивая с таблицей 15 делаем вывод, что оценка тесноты зависимости – слабая.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 5**  
(рекомендуемое)

**ПЕРЕЧЕНЬ ПОЛЕВЫХ, ЛАБОРАТОРНЫХ И КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ,  
ПОДЛЕЖАЩИХ КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА**

№ п/п	Вид работ	Документы, подтверждающие выполнение и контроль работ	Вид ТКК по п 6 настоящего стандарта
Инженерно-геологические изыскания при выборе пункта строительства			
1	Камеральные работы Сбор, обработка и анализ литературных и фондовых материалов. Дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли Структурно-геологические и геоморфологические исследования	- Техническое задание - Утвержденная программа работ - Список проработанных архивных материалов и список опубликованных источников по району работ - Картограмма изученности - Карта предварительного инженерно-геологического районирования - Предварительная карта-схема тектонических условий района размещения объекта строительства	п. 6.а
2	Комплексное рекогносцировочное обследование и маршрутные наблюдения - Горные работы (проходка закопшек, расчисток, неглубоких шурфов и канав); - контрольный отбор образцов пород, проб поверхностных и подземных вод, с привязкой точек наблюдения; Лабораторные исследования отобранных проб	- Техническое задание - Утвержденная программа работ - Геологические журнал (полевые книжки)	п. 6.а
		- Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию - Ведомости результатов лабораторных определений физических свойств грунтов. Протокол химического анализа грунта. Протокол химического анализа воды. - Паспорт испытания грунта на сдвиг. - Паспорт испытания грунта на компрессионное сжатие. - Таблица нормативных и расчетных значений физико-механических характеристик грунтов. - Инженерно- геологическое заключение о результатах рекогносцировочного обследования Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий для выбора пункта строительства	п. 6 б-е
3	Инженерно-геофизические исследования Аэрогеофизические исследования различного масштаба (гравиметрия, магнитометрия, электроразведка, тепловая инфракрасная, аэрозольная, газовая и гамма спектрометрическая съемки) Наземные геофизические исследования на данном этапе изысканий выполняются только при обосновании в программе работ (сейсморазведка, преимущественно в сейсмопрофилирование;	Структурно-геологическая схема территории района (в масштабе 1:500 000) и пунктов проектируемого строительства (в масштабе 1:50 000)  Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий для выбора пункта строительства	П 6. а-е

	электроразведка в различных модификациях; газово-эманационная съемка для дополнительного подтверждения результатов, полученных другими методами.		
4	Выявление и локализация районов развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов и специфических грунтов	Схема развития опасных процессов (и их типизация) в масштабе 1:50 000 и мельче Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий для выбора пункта строительства	п. 6 а-е
5	Формирование геоинформационной системы (ГИС)	Протокол пробного использования ГИС	п. 6 а-е
Инженерно-геологические изыскания при выборе площадки строительства			
6	Камеральные работы Сбор и изучение материалов исследований и изысканий прошлых лет Детализация результатов инженерно-геологического дешифрования материалов дистанционного зондирования Земли Структурно-геологические и геоморфологические исследования	- Техническое задание - Утвержденная программа работ - Раздел: Изученность инженерно-геологических условий (результаты крупномасштабных исследований и инженерных изысканий различного назначения, хранящиеся в архивах территориальных изыскательских и проектно-изыскательских организаций, выполнявших работы на территориях конкурентных площадок и в прилегающей зоне) в Техническом отчете. Утвержденная программа работ (планирование маршрутов, назначаются виды и местоположение профилей и точек геофизических исследований, а также инженерно-геологических скважин и точек зондирования при проведении съемочных работ). Локальные геолого-геоморфологические и геоморфологические профили (строятся с соотношением горизонтального и вертикального масштабов: 1/5 для горных районов и 1/10 для равнинных территорий). Предварительная карта-схема тектонических условий района размещения объекта строительства	п. 6 а
7	Комплексное геолого-геоморфологическое, инженерно-геологическое и экологическое обследования (проводится при необходимости, в пределах выбранного пункта (пунктов) и предварительного выделенных конкурентных площадок размещения объекта строительства) Горные работы (проходка закопушек, расчисток, неглубоких шурфов и канав); - контрольный отбор образцов пород, проб поверхностных и подземных вод, с привязкой точек наблюдения; Лабораторные исследования отобранных проб	- Техническое задание - Утвержденная программа работ - Геологические журнал (полевые книжки)	п. 6 а
		- Ведомости результатов лабораторных определений физических свойств грунтов. Протокол химического анализа грунта. Протокол химического анализа воды. - Паспорт испытания грунта на сдвиг. - Паспорт испытания грунта на компрессионное сжатие. - Таблица нормативных и расчетных значений физико-механических характеристик грунтов. - Инженерно- геологическое заключение о результатах рекогносцировочного обследования Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при	п. 6 б-е

		выборе площадки строительства	
8	Инженерно-геологическая съемка и сопутствующие работы. - Полевые работы: Рекогносцировочное обследование маршрутные наблюдения); буровые работы; опробование грунтов и воды; гидрогеологические наблюдения в скважинах. - Лабораторные работы: Лабораторное исследование физических и физико-механических свойств грунтов; лабораторные исследования воды. - Камеральные работы: Камеральная обработка полевых материалов; составление инженерно-геологических разрезов по продольным и поперечным профилям; составление карты фактического материала, совмещенной с картой неблагоприятных экзогенных геологических процессов; составление технического отчета (текстовая и графическая часть)	- Утвержденная программа работ и техническое задание	п. 6 а
		Инженерно-геологическая съемка конкурентных площадок выполняется в масштабах 1:25 000-1:10 000 (в зависимости от сложности природных условий и степени их изученности). При наличии соответствующего требования в техническом задании может быть выполнено сгущение съемки до масштаба 1:5 000	п. 6 б-е
		Раздел технического отчета	п. 6 д
9	Маршрутные наблюдения	- Геологические журналы (полевые книжки) - Полевой журнал наблюдений - Карта фактического материала	п. 6 а-е
10	Буровые работы	- Утвержденная программа работ и техническое задание - Буровой журнал, геологический журнал - Технологический журнал бурения (конструкция скважины, обсадка, использованные инструмент и пробоотборники) - Полевая колонка разведочной выработки - Акт на ликвидацию буровой скважины - Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию	п. 6 а-е
11	Опробование грунтов и вод	Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию	п. 6 б, в
12	Гидрогеологические наблюдения в скважинах	Журнал гидрогеологических наблюдений на скважине. Сводная ведомость проб грунтов и воды	п. 6 б, в
13	Лабораторные работы: лабораторные исследования физических и физико-механических свойств грунтов; лабораторное исследование воды.	- Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию - Ведомости результатов лабораторных определений физических свойств грунтов. Протокол химического анализа грунта. Протокол химического анализа воды. - Паспорт испытания грунта на сдвиг. - Паспорт испытания грунта на компрессионное сжатие. - Таблица нормативных и расчетных значений физико-механических характеристик грунтов.	п. 6 б, в
14	Инженерно-геофизические исследования: Инженерно-геофизические	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е

	исследования (сейсморазведка, гравиметрия, электроразведка в различных модификациях, магниторазведка, георадарное зондирование, регистрация естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), газово-эманационная съемка, геофизические методы исследования скважин) выполняются с целью уточнения и детализации геолого-тектонического строения и инженерно-геологических условий конкурентных площадок. Для выявления погребенных локальных неоднородностей, переуглублений в скальном основании используются магниторазведка и гравиметрия в аэро- или наземном варианте.		
15	Гидрогеологические исследования	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
16	Полевые исследования свойств грунтов	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 б-е
17	Сейсмическое микрорайонирование площадок размещения объекта строительства	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
18	Изыскания в районах развития опасных процессов и специфических грунтов	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
19	Обоснование системы стационарных наблюдений (мониторинга)	Проект системы наблюдений (мониторинг)	п. 6 д
20	Развитие ГИС	Расширенная база данных ГИС	п. 6 д
21	Составление технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям на этапе выбора площадки размещения объекта строительства	Текстовая часть технического отчета Текстовые приложения Графические приложения	п. 6 д

Инженерно-геологические изыскания для разработки проектной документации строительства			
22	Камеральные работы. Сбор дополнительных данных и анализ материалов изысканий и исследований предыдущего этапа	- Техническое задание - Утвержденная программа работ - Раздел: Изученность инженерно-геологических условий (дополнительные сведения о геологическом строении и гидрогеологических условиях площадки, в том числе полученные ранее при изысканиях сторонних организаций на выбранной площадке и прилегающей территории, с привлечением материалов по строительству и эксплуатации аналогичных объектов в сходных ландшафтно-климатических и	п. 6 а-е

		геологических условиях) в Техническом отчете.	
23	Инженерно-геологическая съемка и сопутствующие работы. - Полевые работы: Рекогносцировочное обследование маршрутные наблюдения); буровые работы; опробование грунтов и воды; гидрогеологические наблюдения в скважинах. - Лабораторные работы: Лабораторное исследование физических и физико-механических свойств грунтов; лабораторные исследования воды. - Камеральные работы: Камеральная обработка полевых материалов; составление инженерно-геологических разрезов по продольным и поперечным профилям; составление карты фактического материала, совмещенной с картой неблагоприятных экзогенных геологических процессов; составление технического отчета (текстовая и графическая часть)	Утвержденная программа работ и техническое задание Инженерно-геологическая съемка конкурентных площадок выполняется в масштабах 1:5 000 – 1:2 000 (в зависимости от сложности природных условий и степени их изученности). При наличии соответствующего требования в техническом задании может быть выполнено сгущение съемки до масштаба 1:1 000.	п. 6 а-е
24	Маршрутные наблюдения	- Геологические журналы (полевые книжки) - Полевой журнал наблюдений - Карта фактического материала	п. 6 б
25	Буровые работы	- Утвержденная программа работ и техническое задание - Буровой журнал, геологический журнал - Технологический журнал бурения (конструкция скважины, обсадка, использованные инструмент и пробоотборники) - Полевая колонка разведочной выработки - Акт на ликвидацию буровой скважины - Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию	п. 6 а-е
26	Опробование грунтов и вод	Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию	п. 6 б
27	Гидрогеологические наблюдения в скважинах	Журнал гидрогеологических наблюдений на скважине. Сводная ведомость проб грунтов и воды	п. 6 б-г
28	Инженерно-геофизические исследования: Инженерно-геофизические исследования (большинство видов электро- и сейсморазведки, проведение геофизических исследований в скважинах и необходимых параметрических измерений. В составе наземно-скважинных методов: томографическое сейсмическое просвечивание (ТСП) в нескольких плоскостях, вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) преимущественно в векторной	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е

# СТО

	модификации, (ПМ-ВСП) в поляризационной модификации, акустический или ультразвуковой каротаж (АК, УЗК).		
29	Полевые исследования свойств грунтов	Журналы и графики статистического и динамического зондирования, штампов, прессиометрии, сдвига целиков в шурфах, поступательный и кольцевой сдвиг	п. 6 б-е
30	Гидрогеологические исследования	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
31	Лабораторные работы: Лабораторное исследование физических и физико-механических свойств грунтов; лабораторное исследование воды	- Опись образцов горных пород, направляемых в геотехническую лабораторию - Ведомости результатов лабораторных определений физических свойств грунтов. Протокол химического анализа грунта. Протокол химического анализа воды. - Паспорт испытания грунта на сдвиг. - Паспорт испытания грунта на компрессионное сжатие. - Таблица нормативных и расчетных значений физико-механических характеристик грунтов.	п. 6 б-е
32	Уточнение границ «целиковых блоков для размещения объекта (объектов) строительства	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
33	Дополнительные исследования на выбранной площадке в районах с повышенной сейсмической опасностью (более 6 баллов по карте ОСР 97-В)	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
34	Дополнительные исследования на участках развития опасных геологических процессов и грунтов со специфическими свойствами	Раздел технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий при выборе площадки строительства	п. 6 а-е
35	Камеральная обработка материалов с использованием ГИС-технологий	СП 151.13330.2012 Часть II: п. 7.2.13	Расширенная база данных ГИС п. 6 д
36	11. Составление технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям	СП 151.13330.2012 Часть II: п. 7.2.14	Текстовая часть технического отчета Графические приложения п. 6. д

## Библиография

- [1] Градостроительный кодекс Российской Федерации.
- [2] Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании»
- [3] Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
- [4] Федеральный закон от 1 декабря 2007 г. №315-ФЗ «О саморегулируемых организациях»
- [5] ГОСТ 5180-2015 – Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
- [6] ГОСТ 12536-2014 - Грунты. Метод лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава
- [7] ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости
- [8] ГОСТ 19912-2012 - Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием
- [9] ГОСТ 23161-2012 - Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности
- [10] ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний
- [11] ГОСТ 21.301-2014 Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям
- [12] Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений; Москва 1978
- [13] М/У Математическая обработка инженерно-геологической информации. ПГУПС, СПб. 1990 г.

## **СТО**

[14] Руководство по составлению региональных таблиц расчетных и нормативных показателей свойств грунтов; ПНИИИС Госстроя СССР, Москва 1981 г.

[15] Инженерно-геологические карты В. Т. Трофимов, Н. С. Красилова

[16] СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96

[17] СП 11-105-97. «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ». Часть I

[18] Рекомендации по прогнозу подтопления промышленных площадок грунтовыми водами» (ВОДГЕО, ПНИИИС, 1976).