**Межгосударственный стандарт ГОСТ 20522-96
"Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний"
(введен постановлением Минстроя РФ от 1 августа 1996 г. N 18-58)**

**Soils. Statistical treatment of the test results**

Взамен ГОСТ 20522-75

Дата введения 1 января 1997 г.

 [1. Область применения](#sub_1)

 [2. Определения](#sub_2)

 [3. Общие положения](#sub_3)

 [4. Выделение инженерно-геологического элемента (ИГЭ) и расчетного](#sub_4)

 грунтового элемента (РГЭ)

 [5. Вычисление нормативных и расчетных значений характеристик грунтов,](#sub_5)

 представленных одной величиной

 [6. Вычисление нормативных и расчетных значений угла внутреннего трения](#sub_6)

 и удельного сцепления грунтов

 [Приложение А. Вычисление сравнительного коэффициента вариации](#sub_1000)

 [Приложение Б. Проверка необходимости дополнительного разделения ИГЭ и](#sub_2000)

 возможности объединения двух ИГЭ и РГЭ

 [Приложение В. Вычисление нормативного и расчетного значений модуля](#sub_3000)

 деформации с использованием аналитической аппроксимации

 компрессионной кривой

 [Приложение Г. Вычисление нормативных и расчетных значений характеристик](#sub_4000)

 грунтов с использованием логарифмически нормального

 закона распределения

 [Приложение Д. Вычисление нормативного и расчетного значений](#sub_5000)

 характеристики при ее закономерном изменении с глубиной

 [Приложение Е. Вычисление нормативных и расчетных значений угла](#sub_6000)

 внутреннего трения и удельного сцепления по результатам

 испытаний грунтов при трехосном сжатии

 [Приложение Ж. Статистические таблицы](#sub_7000)

**1. Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает применяемые при инженерно-геологических изысканиях, проектировании и строительстве методы статистической обработки результатов испытаний грунтов, составляющих различные грунтовые объекты (основания сооружений, склоны, массивы, вмещающие подземные сооружения, грунтовые сооружения и их элементы и т.д.).

Методы применяют для статистической обработки результатов определений физических и механических (прочностных и деформационных) характеристик всех грунтов, а также при выделении основных грунтовых единиц - инженерно-геологических и расчетных грунтовых элементов ([разделы 3](#sub_3) и [4](#sub_4)).

**2. Определения**

В настоящем стандарте применяют следующие термины.

**Вероятность** - числовая характеристика степени возможности появления какого-либо определенного события в тех или иных определенных условиях, которые могут повторяться неограниченное число раз, выражается 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.

**Доверительный интервал** - интервал, вычисленный по выборочным данным, который с заданной вероятностью (доверительной) накрывает неизвестное истинное значение оцениваемого параметра распределения.

**Доверительная вероятность** - вероятность того, что доверительный интервал накроет неизвестное истинное значение параметра, оцениваемого по выборочным данным.

**Односторонняя доверительная вероятность** - вероятность того, что неизвестное истинное значение параметра не выйдет за пределы нижней (или верхней) границы доверительного интервала.

**Среднее значение (выборочное)** - среднеарифметическое из частных значений, образующих выборку независимых друг от друга и от пространственных координат величин.

**Коэффициент вариации** - мера отклонения опытных данных от выборочного среднего значения, выражаемая в долях единицы или процентах, вычисляется по [формуле (5).](#sub_555)

**Сравнительный коэффициент вариации** - мера изменчивости величины, зависящая от начала отсчета выборки, вычисляется по [формуле (A.1)](#sub_1001) приложения А.

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

**Среднеквадратическое отклонение** - мера отклонения опытных данных от выборочного среднего значения или от функциональной зависимости, выражаемая в абсолютных единицах, вычисляется по [формулам (4)](#sub_444), [(12).](#sub_1212)

**Число степеней свободы** - число независимых наблюдений, равное числу определений n характеристики минус число оцениваемых статистических параметров.

**Инженерно-геологический элемент (ИГЭ)** - основная грунтовая единица при инженерно-геологической схематизации грунтового объекта, определяемая [положениями 3.4.](#sub_34)

**Расчетный грунтовый элемент (РГЭ)** - основная грунтовая единица, выделяемая с учетом применяемого при проектировании грунтового объекта расчетного или экспериментального метода, определяемая положениями 3.4.

**3. Общие положения**

3.1 Статистическую обработку результатов испытаний проводят для оценки неоднородности грунтов, выделения [инженерно-геологических элементов](#sub_211) (ИГЭ) и расчетных грунтовых элементов (РГЭ) и вычисления нормативных и расчетных значений характеристик грунтов.

3.2 Неоднородность грунта оценивается с помощью [коэффициента вариации](#sub_206) характеристик грунта ([5.4](#sub_54)). Для сравнения неоднородности по разным характеристикам может применяться [сравнительный коэффициент вариации](#sub_207), определяемый по [приложению А.](#sub_1000)

3.3 Статистическую обработку проводят для частных значений характеристик грунтов или фиксируемых в отдельных испытаниях величин, которые составляют случайную выборку.

При наличии закономерного изменения характеристики в каком-либо направлении (чаще всего с глубиной) статистическая обработка проводится для определения параметров аналитической зависимости, аппроксимирующей опытные точки линейной или кусочно-линейной функцией.

3.4 Статистическую обработку результатов испытаний выполняют для ИГЭ или РГЭ.

За ИГЭ принимают некоторый объем грунта одного и того же происхождения и вида при условии, что значения характеристик грунта изменяются в пределах элемента случайно (незакономерно), либо наблюдающаяся закономерность такова, что ею можно пренебречь. В последнем случае должны выполняться требования [4.5.](#sub_45) ИГЭ наделяют постоянными нормативными и расчетными значениями характеристик. Комплекс ИГЭ образует инженерно-геологическую модель объекта.

За РГЭ принимают некоторый объем грунта не обязательно одного и того же происхождения и вида, в пределах которого нормативные и расчетные значения характеристик при проектировании грунтового объекта по условиям применяемого расчетного или экспериментального метода могут быть постоянными или закономерно изменяющимися по направлению (чаще всего по глубине). РГЭ может включать часть одного или несколько ИГЭ. Комплекс РГЭ образует расчетную геомеханическую модель объекта.

──────────────────────────────

**Примечание.** Объем, местоположение и конфигурацию ИГЭ и РГЭ устанавливают с учетом геологических данных и сведений об объекте строительства.

3.5 Для всех характеристик грунта вычисляют нормативные, а для характеристик, используемых в расчетах, и расчетные значения.

Нормативные значения характеристик определяют как среднестатистические, получаемые осреднением их частных значений, или отвечающие осредненным по частным значениям аппроксимирующим зависимостям между измеряемыми в опытах величинами (или функционально с ними связанными величинами), или зависимостям каких-то из этих величин от координат по одному из направлений.

Расчетное значение получают делением нормативного значения на коэффициент надежности по грунту.

3.6 Коэффициент надежности по грунту должен устанавливаться с учетом изменчивости и числа определений характеристики (числа испытаний) при заданной [доверительной вероятности.](#sub_203)

──────────────────────────────

**Примечания.**

1. По указаниям норм проектирования различных видов сооружений при вычислении расчетного значения характеристики могут вводиться и другие коэффициенты, учитывающие влияние факторов, которые не могут быть учтены статистическим путем.

2. Для отдельных характеристик грунтов по указаниям норм проектирования различных видов сооружений их расчетные значения могут быть приняты равными нормативным значениям.

3.7 Значения доверительной вероятности при вычислении расчетного значения характеристики грунта принимают в соответствии с рекомендациями норм проектирования различных видов сооружений.

3.8 Опытные данные, для которых проводится статистическая обработка, должны быть получены единым методом испытания.

3.9 Применяемые в настоящем стандарте методы статистической обработки используют нормальный или логарифмически нормальный закон распределения вероятностей.

3.10 Настоящие методы применяют при числе определений характеристик грунтов или фиксируемых в опытах величин не менее шести.

**4. Выделение инженерно-геологического элемента (ИГЭ)
и расчетного грунтового элемента (РГЭ)**

4.1 Исследуемые грунты предварительно разделяют на ИГЭ с учетом их происхождения, текстурно-структурных особенностей и вида.

Характеристики 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.

4.2 Окончательное выделение ИГЭ проводят на основе оценки характера пространственной изменчивости характеристик грунтов и их [коэффициента вариации](#sub_206), а также [сравнительного коэффициента вариации](#sub_207) При этом необходимо установить, изменяются характеристики грунтов в пределах предварительно выделенного ИГЭ случайным образом или имеет место их закономерное изменение в каком-либо направлении (чаще всего с глубиной).

Для анализа используют физические характеристики, а при достаточном количестве и механические.

──────────────────────────────

**Примечание.** Для выделения ИГЭ наряду с физическими и механическими характеристиками грунтов могут использоваться фиксируемые в опытах величины или показатели, получаемые с помощью зондирования и других экспресс-методов.

4.3 Для оценки характера пространственной изменчивости характеристик их наносят на инженерно-геологические разрезы в точках их определения, строят графики рассеяния, а также графики зондирования. Для выявления закономерного изменения характеристик строят точечные графики изменения их значений по направлению или применяют [положения 1](#sub_5100) и [2 приложения Д.](#sub_5200)

4.4 Если установлено, что характеристики грунтов изменяются в пределах предварительно выделенного ИГЭ случайным образом, этот элемент принимают за окончательный независимо от значений [коэффициента вариации](#sub_206) ([5.4](#sub_54)) характеристик.

За единый [инженерно-геологический элемент](#sub_211) могут быть приняты грунты, представленные часто сменяющимися тонкими (менее 20 см) слоями и линзами грунтов различного вида. Слои и линзы, сложенные рыхлыми песками, глинистыми грунтами с показателем текучести более 0,75, илами, сапропелями, заторфованными грунтами и торфами, следует рассматривать как отдельные инженерно-геологические элементы независимо от их толщины.

4.5 При наличии закономерного изменения характеристик грунтов в каком-либо направлении (чаще всего с глубиной) 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 , (1)

 доп

 где

 V - коэффициент вариации ([5.4](#sub_54));

 V - допустимое значение V, принимаемое равным для физических

 доп характеристик 0,15, а для механических (см.[4.2](#sub_42)) - 0,30.

Если [коэффициенты вариации](#sub_206) превышают указанные значения, дальнейшее разделение ИГЭ проводят так, чтобы для вновь выделенных ИГЭ выполнялось условие (1).

Разделение ИГЭ может быть проведено на основе сравнения [средних значений](#sub_205) характеристик грунта во вновь выделенных ИГЭ в соответствии с [приложением Б.](#sub_2000)

4.6 При проведении дополнительного разделения первоначально выделенного ИГЭ ([4.5](#sub_45)), определяя границы вновь выделяемых ИГЭ, необходимо учитывать:

- наличие тенденции к скачкообразному изменению характеристик грунтов;

- положение уровня подземных вод;

- наличие зон просадочных, набухающих и засоленных грунтов и грунтов с примесью органических веществ;

- наличие в скальных грунтах зон разной степени выветрелости и разгрузки;

- наличие в элювиальных грунтах зон разной степени выветрелости;

- наличие зон грунтов разной консистенции;

- наличие в вечномерзлых грунтах зон разной степени льдистости и цементации льда.

4.7 Выделение РГЭ проводят на основе выделенных при инженерно-геологической схематизации ИГЭ применительно к конкретному методу расчета объекта (экспериментального метода) с наделением 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 (по форме, размерам, местоположению, характеристикам и их значениям).

В РГЭ могут быть также объединены два соседних ИГЭ, представленных грунтами разного происхождения, но одного вида, если выполняются требования [приложения Б.](#sub_2000)

4.8 При выделении РГЭ, в пределах которых значения характеристик принимаются закономерно (не скачкообразно) изменяющимися по направлению (например, по глубине) оценку этой изменчивости производят с использованием [положений 1](#sub_5100) и [2 приложения Д](#sub_5200), а критерием возможности выделения РГЭ является условие [(1)](#sub_111), в котором [коэффициент вариации](#sub_206) вычисляется по [формуле (Д.3)](#sub_5003) приложения Д. Если условие (1) не выполняется, то проводят разделение РГЭ так, чтобы выполнялось условие (1).

**5. Вычисление нормативных и расчетных значений
характеристик грунтов, представленных одной величиной**

5.1 Определение нормативных Х\_n и расчетных Х значений характеристик грунтов для ИГЭ и РГЭ в случае принятия для последнего постоянных значений Х\_n и Х следует проводить в соответствии с [5.2 - 5.7.](#sub_52) Для РГЭ при закономерном изменении характеристик по направлению (чаще всего по глубине) их нормативные и расчетные значения следует определять в соответствии с [5.8.](#sub_58)

5.2 Нормативное значение Х\_n всех физических (влажности, плотности, пластичности и т.п.) и механических характеристик грунтов (модуля деформации, предела прочности на одноосное сжатие, относительных просадочности и набухания и т.п.) принимают равным среднеарифметическому значению Х и вычисляют по формуле

 \_ 1 n

 X = X = ─── сумма X (2)

 n n i=1 i

 где

 n - число определений характеристики;

 X - частные значения характеристики, получаемые по результатам

 i отдельных i-х опытов.

──────────────────────────────

**Примечание.** Для физических характеристик грунтов, вычисляемых по формулам (коэффициент пористости, число пластичности и др.) в зависимости от величин, определяемых опытным путем, и для компрессионного модуля деформации ([приложение В](#sub_3000)) их нормативные значения могут быть установлены исходя из нормативных значений измеренных в опытах величин.

5.3 Выполняют статистическую проверку для исключения возможных ошибок, оставшихся после анализа опытных данных в соответствии с [4.1.](#sub_41) Исключают то частное (максимальное или минимальное) значение А\_i, для которого выполняется условие

 |X - X | > ню S, (3)

 n i

 где

 ню - статистический критерий, принимаемый в зависимости от числа

 определений n характеристики по [таблице Ж.1](#sub_7100) приложения Ж;

 S - среднеквадратическое отклонение характеристики, вычисляемое по

 формуле

 1 n 2

 S = кв.корень [──── сумма (X - X )]. (4)

 n-1 i=i n i

Если какое-либо значение характеристики исключено, следует для оставшихся опытных данных заново вычислить Х\_n по [формуле (2)](#sub_222) и S по формуле (4).

5.4 Вычисляют [коэффициент вариации](#sub_206) V характеристики и показатель точности ее [среднего значения](#sub_205) ро\_альфа по формулам:

 S

 V = ─────, (5)

 X

 n

 t V

 альфа

 ро = ──────────────, (6)

 кв.корень(n)

 где

 t - коэффициент, принимаемый по [таблице Ж.2](#sub_7200) приложения Ж в

 альфа зависимости от заданной односторонней доверительной

 вероятности альфа и числа степеней свободы К = n - 1.

5.5 Вычисляют коэффициент надежности по грунту гамма\_g по формуле

 1

 гамма = ───────────────. (7)

 g 1 +- ро

 альфа

──────────────────────────────

**Примечание.** Знак перед величиной ро\_альфа принимают таким, чтобы обеспечивалась большая надежность основания или сооружения.

5.6 Вычисляют расчетное значение Х характеристики грунта по формуле

 X

 n

 Х = ───────. (8)

 гамма

 g

──────────────────────────────

**Примечание.** В [формулах (6) - (8)](#sub_666) вместо альфа, а также в качестве индекса для Х могут быть указаны значения [доверительной вероятности.](#sub_203)

5.7 Если [коэффициент вариации](#sub_206) V характеристики (5.4) превышает 0,4, ее нормативное и расчетное значение может быть вычислено с использованием логарифмически нормального закона распределения по [приложению Г.](#sub_4000)

5.8 При закономерном изменении характеристики по направлению (например, по глубине h) ее нормативные X\_n(h) и расчетные X(h) значения могут быть вычислены в пределах РГЭ по [приложению Д.](#sub_5000) При этом при определении подлежащих исключению из выборки частных значений X\_i ([5.3](#sub_53)) необходимо в [формуле (3)](#sub_333) заменить X\_n на X\_n(h), а S вычислить по [формуле (Д.2)](#sub_5002) приложения Д.

**6. Вычисление нормативных и расчетных значений угла
внутреннего трения и удельного сцепления грунтов**

6.1 Нормативные и расчетные значения угла внутреннего трения фи и удельного сцепления с по результатам опытов на одноплоскостной срез вычисляют путем статистической обработки частных значений tg фи\_i и с\_i ([6.2 - 6.5](#sub_62)) или путем статистической обработки всех пар опытных значений сопротивления срезу тау\_i и нормального напряжения сигма\_i как единой совокупности ([6.6 - 6.12).](#sub_66) Второй из указанных способов должен использоваться согласно соответствующим нормам проектирования для систем, включающих гидротехнические и (или) энергетические сооружения.

──────────────────────────────

**Примечания.**

1. Число определений частных значений tg фи\_j и c\_j в первом способе и число определений пар тау\_i и сигма\_i во втором способе должно бытъ не менее шеста.

2. Методика статистической обработки результатов испытаний грунтов при трехосном сжатии приведена в [приложении Е.](#sub_6000)

6.2 При статистической обработке частных значений tg фи\_j и с\_j для каждой j-й точки испытания грунта в пределах ИГЭ вычисляют по [методу наименьших квадратов](#sub_208) частные значения tg фи\_j и c\_j по результатам не менее трех определений сопротивления грунта срезу тау\_i, при различных значениях нормального напряжения сигма\_j, в пределах одинакового диапазона сигма\_i:

 k k k

 k сумма [тау сигма ] - сумма тау сумма сигма

 i=1 i i i=1 i i=1 i

 tg фи = ──────────────────────────────────────────────, (9)

 j k 2 k 2

 k сумма (сигма ) - (сумма сигма )

 i=1 i i=1 i

 1 k k

 c = ─── (сумма тау - tg фи сумма сигма), (10)

 j k i=1 i j i=1 i

 где

 k - число определений тау в каждой точке ИГЭ.

Если при вычислении по формуле (10) получается c\_j < 0, то принимают с\_j=0, а tg фи\_j вычисляют по формуле

 k

 сумма [тау сигма ]

 i=1 i i

 tg фи = ──────────────────────. (11)

 j k 2

 сумма сигма

 i=1 i

6.3 По найденным значениям tg фи\_j и с\_j вычисляют нормативные значения tg фи\_n и c\_n по [формуле (2)](#sub_222) и [среднеквадратические отклонения](#sub_209) S\_tg фи и S\_с по [формуле (4).](#sub_444)

6.4 Выполняют статистическую проверку для исключения возможных ошибок в значениях tg фи\_j и c\_j в соответствии с [5.3.](#sub_53) Пару значений tg фи\_j и c\_j исключают, если хотя бы для одного из них выполняется условие [(3).](#sub_333) При этом для оставшихся опытных данных следует заново вычислить значения tg фи\_n, c\_n, S\_tg фи и S\_c.

6.5 Вычисляют для tg фи и с [коэффициент вариации](#sub_206) V, показатель точности ро\_альфа, коэффициент надежности по грунту гамма\_g и их расчетные значения по [формулам (5)-(8).](#sub_555)

──────────────────────────────

**Примечание.** Если по [формуле (6)](#sub_666) для tg фи или с получится ро\_альфа >1, расчетное значение этой характеристики следует принять равным нулю.

6.6 При статистической обработке всех n пар опытных значений тау\_i и сигма\_i как единой совокупности нормативные значения tg фи\_n и c\_n вычисляют по [формулам (9)](#sub_999) и [(10)](#sub_1010), в которых значения tg фи\_j, с\_j. и k необходимо заменить на tg фи\_n и c\_n и п соответственно.

Если при этом получится c\_n < 0, то принимают c\_n= 0, а tg фи вычисляют вновь по [формуле (11)](#sub_1111), в которой необходимо заменить tg фи\_j и k на tg фи\_n и п соответственно.

6.7 Вычисляют [среднеквадратическое отклонение](#sub_209) сопротивления срезу S\_тау по формуле

 1 n 2

 S = кв.корень(─── сумма (сигма tg фм + c - тау ). (12)

 тау n-2 i=1 i n n i

──────────────────────────────

**Примечание.** В формуле (12) следует заменить n-2 на n-1, если по 6.6 принято c\_n=0, a tg фи\_n вычислен по [формуле (11).](#sub_1111)

6.8 Выполняют статистическую проверку для исключения возможных ошибок в значениях тау\_i в соответствии с [5.3.](#sub_53)

Исключают наиболее отклоняющееся от нормативной зависимости тау\_n=с\_n+сигма tg фи\_n значение тау\_i, для которого выполняется условие [(3).](#sub_333) При этом в условие (3) следует подставить вместо Х\_i проверяемое значение тау\_i, вместо Х\_n - соответствующее т, значение тау\_n и вместо S - значение S из [(12).](#sub_1212)

Если какое-либо значение тау\_i будет исключено, следует заново вычислить значения tg фи\_n, c\_n и S\_тау по оставшимся опытным данным.

6.9 Расчетные значения tg фи и с вычисляют с учетом заданного диапазона нормальных напряжений сигма\_min, сигма\_max, который принимается по указаниям норм проектирования различных видов сооружений. При отсутствии таких указаний следует принимать сигма\_min и сигма\_max равными минимальному и максимальному нормальным напряжениям, имевшим место при испытании грунта на срез.

Вычисляемые значения tg фи и c должны сопровождаться сведениями о принятом диапазоне нормальных напряжений.

6.10 Нормативные значения сопротивления грунта срезу тау'\_n, тау''\_n вычисляют по формуле (13) и значения полудлин совместных [доверительных интервалов](#sub_202) сигма'\_тау и сигма''\_тау по формуле (14) при значениях нормального напряжения сигма=сигма\_min и сигма = сигма\_max:

 тау = c + сигма tg фи , (13)

 n n n

 V S \_ 2

 альфа, лямбда тау n(сигма - сигма)

сигма = ──────────────────── кв.корень(1 + ────────────────────-), (14)

 тау кв.корень n n \_ 2

 сумма (сигма - сигма)

 i=1 i

 где

 V - коэффициент, принимаемый по [таблице Ж.3](#sub_7300) приложения Ж

 альфа, ламбда в зависимости от заданной односторонней

 доверительной вероятности альфа, параметра лямбда,

 вычисляемого по [формуле (16)](#sub_1616), и числа степеней

 свободы К = n - 2;

 сигма - опытные значения нормального напряжения;

 i

 \_ 1 n

 сигма = ─── сумма сигма. (15)

 n i=1 j

6.11 Параметр лямбда, учитывающий значения диапазона /сигма\_min, сигма\_max/ вычисляют по формуле

 1 + nGD

 ламбда = кв.корень (1 - ──────────────────────────), (16)

 2 2

 кв.корень ((1+nG )(1+nD ))

 где

 \_

 сигма - сигма

 min

 G = ─────────────────────────────────, (17)

 n \_ 2

 кв.корень [сумма (сигма - сигма)

 i=1 i

 \_

 сигма - сигма

 max

 D = ───────────────────────────────────, (18)

 n \_ 2

 кв.корень [сумма (сигма - сигма)

 i=1 i

6.12 Вычисляют расчетные значения сопротивления срезу тау' и тау'' по формуле (19) при нормальных напряжениях сигма=сигма\_min и сигма=сигма\_max, коэффициенты надежности по грунту гамма\_g,tg фи, и гамма\_g,c для tg фи и с по формуле (20) и расчетные значения tg фи и c по [формуле (8)](#sub_888):

 тау = тау - дельта , (19)

 n тау

 тау' + тау''

 n n

 гамма = гамма = ──────────────. (20)

 g,tg фи g,c тау' + тау''

 тау' тау''

 Если ─────── < ───────, то вместо формулы (20) следует использовать

 сигма сигма

 min max

формулу (21)

 (тау' + тау'') сигма

 n n max

 гамма = гамма = ──────────────────────────. (21)

 g,tg фи g,c тау''(сигма + сигма )

 min max

**Приложение А**

**(рекомендуемое)**

**Вычисление сравнительного коэффициента вариации**

[Сравнительный коэффициент вариации](#sub_207) V\_c вычисляют по формуле

 S

 V = ─────────, (А.1)

 c X - X

 n min

 где

 X и S - то же, что и в формулах (2) и (4);

 n

 Х - наименьшее значение в выборке опытных данных Х\_i после

 min статистической проверки на исключение ошибок ([5.3](#sub_53))

**Приложение Б**

**(рекомендуемое)**

**Проверка необходимости дополнительного разделения ИГЭ
и возможности объединения двух ИГЭ в РГЭ**

1. Для проверки необходимости дополнительного разделения предварительно выделенного ИГЭ на два новых элемента вычисляют значение критерия t по формуле

 \_ \_

 |X - X | n n (n + n - 2)

 1 2 1 2 1 2

 t = ───────────────────── кв.корень (────────────────), (Б.1)

 2 2 n + n

 кв.корень (n S + n S ) 1 2

 1 1 2 2

 где

 \_ \_

 X и X - среднеарифметические значения характеристики в двух

 1 2 новых ИГЭ;

 S и S - соответствующие им среднеквадратические отклонения;

 1 2

 n и n - число определений характеристики в каждом новом элементе.

 1 2

2. Для проверки возможности объединения двух ИГЭ в один РГЭ вычисляют значения критериев F и t по формулам (Б.2) и (Б.1)

 2

 S

 1

 F = ────, (Б.2)

 2

 S

 2

 где

 S и S - то же, что и в формуле (Б.1), при этом в числитель

 1 2 подставляют большее из значений S\_1 и S\_2.

3. Дополнительное разделение ИГЭ необходимо, если t >=t\_альфа.

Два ИГЭ объединяют в один РГЭ, если одновременно выполняются условия F<F\_альфа и t<t\_альфа.

Значение t\_альфа принимают по [таблице Ж.2](#sub_7200) приложения Ж при двусторонней [доверительной вероятности](#sub_203) альфа=0,95 для [числа степеней свободы](#sub_210) К=n\_1+п\_2 - 2.

Значение F\_альфа принимают по [таблице Ж.4](#sub_7400) приложения Ж при доверительной вероятности альфа=0,95 для числа степеней свободы К\_1= n\_1 - 1 и К\_2= n\_2 - 1.

**Приложение В**

**(рекомендуемое)**

**Вычисление нормативного и расчетного значений модуля деформации
с использованием аналитической аппроксимации компрессионной кривой**

1. Компрессионные зависимости относительной деформации эпсилон образцов грунта (коэффициента пористости) от нормального напряжения сигма, полученные в пределах окончательно выделенного ИГЭ, обрабатываются вместе путем аппроксимации той или иной аналитической зависимостью (логарифмической, гиперболической и другими подходящими нелинейными зависимостями). При этом нелинейную зависимость необходимо предварительно линеаризовать путем замены переменных.

──────────────────────────────

**Примечание.** Аппроксимация может быть произведена для участка компрессионной кривой в заданном диапазоне нормальных напряжений сигма.

2. При использовании, например, логарифмической зависимости типа

 эпсилон = а + а ln сигма, (В.1)

 0 1

входящие в нее параметры а\_0 и а\_1, вычисляют по [формулам (9)](#sub_999) и [(10)](#sub_1010), в которых необходимо заменить tg фи\_j, c\_j, тау\_i, сигма\_i и k на a\_1, a\_0, эпсилон\_i, ln сигма\_i и n соответственно, где n - общее число определений эпсилон\_i, по всем компрессионным кривым в данном ИГЭ.

3. Для найденной нормативной зависимости (B.1) и заданного диапазона напряжений /сигма\_min, сигма\_max/ вычисляют по формулам механики грунтов нормативные значения коэффициента сжимаемости и модуля деформации.

4. Расчетные значения модуля деформации вычисляют по [формуле (8)](#sub_888), при этом коэффициенту устанавливают так же, как указано в [6.10-6.12](#sub_610), используя [формулы (13)-(21).](#sub_1313) В этих формулах необходимо заменить тау'\_n, тау''\_n, дельта\_тау, S\_тау, сигма, сигма, сигма\_min, сигма\_max, тау', тау'' и гамма\_g, tg фи на эпсилон'\_n, эпсилон''\_n, сигма\_эпсилон, S\_эпсилон, ln сигма, ln сигма, ln сигма\_i, ln сигма\_min, ln сигма\_max, эпсилон', эпсилон'' и гамма\_g, эпсилон соответственно.

**Приложение Г**

**(рекомендуемое)**

**Вычисление нормативных и расчетных значений характеристик грунтов
с использованием логарифмически нормального закона распределения**

1. Для всех значений опытных данных находят по таблицам их десятичный логарифм lg X\_i,. Если среди значений, преобразуемых логарифмированием, имеются значения между 0 и 1, то все данные рекомендуется умножить на 10 в соответствующей степени, чтобы все значения были больше 1 и не получалось отрицательных чисел. При этом полученное нормативное и расчетное значение характеристики ([пункт 5](#sub_4500)) следует поделить на 10 в соответствующей степени.

 \_

 2. Параметры a и S вычисляют по формулам:

 \_ 1 n

 a = ─── сумма lg X , (Г.1)

 n i=1 i

 1 n \_ 2

 S = кв.корень (───── сумма (lg X - a ) ). (Г.2)

 n-1 i=1 i

3. Логарифм нормативного значения характеристики вычисляют по формуле

 \_ 2

 lg X = a + 1,151 S. (Г.3)

 n

4. Вычисляют полудлину доверительного интервала Дельта по формуле

 S 2

 Дельта = u + ──────────── кв.корень (1+2,65S ), (Г.4)

 альфа кв.корень(n)

 где

 u - значение, принимаемое по таблице Г.1 в зависимости от

 альфа односторонней доверительной вероятности альфа.

**Таблица Г.1**

┌──────────┬───────────┬───────────┬───────────┬────────────┬───────────┐

│ альфа │ 0,85 │ 0,90 │ 0,95 │ 0,975 │ 0,99 │

├──────────┼───────────┼───────────┼───────────┼────────────┼───────────┤

│ u │ 1,03 │ 1,28 │ 1,65 │ 1,96 │ 2,33 │

└──────────┴───────────┴───────────┴───────────┴────────────┴───────────┘

5. Логарифм расчетного значения X характеристики вычисляют по формуле

 lg X = lg X +- Дельта. (Г.5)

 n

Значения Х\_n и Х находят в результате операции антилогарифмирования.

**Приложение Д**

**(рекомендуемое)**

**Вычисление нормативного и расчетного значений характеристики
при ее закономерном изменении с глубиной**

1. При закономерном изменении характеристики Х с глубиной h связь между Х и h в пределах РГЭ аппроксимируют линейной или кусочно-линейной зависимостью

 X(h)=ah + b, (Д.1)

 где

 а и b - параметры линейной зависимости или отдельных участков

 кусочно-линейной зависимости.

Параметры а и b вычисляют по [формулам (9)](#sub_999) и [(10)](#sub_1010), в которых значения tg фи\_j, c\_j, тау\_i, сигма\_i и k необходимо заменить на a, b, X\_i, h и n соответственно, где X\_i - опытные значения характеристики в точках h\_i, n - число определений X.

2. Нормативные значения X\_n(h) характеристики на различных глубинах h\_i определяют по зависимости (Д.1), подставляя в нее значения h\_i.

3. [Среднеквадратическое отклонение](#sub_209) характеристики S\_x и [коэффициент вариации](#sub_206) V вычисляют по формулам (Д.2) и (Д.3):

 1 n 2

 S = кв.корень(───── сумма (X (h) - X )), (Д.2)

 x n-2 i=1 n i

 S

 x

 V = ─────, (Д.3)

 \_

 X

 где

 \_

 Х - среднеарифметическое из частных значений X\_i.

4. Нормативные значения Х'\_n и Х''\_n характеристики вычисляют по [формуле (Д.1)](#sub_5001) при значениях h\_min и h\_max, соответствующих границам РГЭ в случае линейной зависимости или границам участков в случае кусочно-линейной зависимости.

5. Расчетные значения X(h) характеристики вычисляют по [формуле (8)](#sub_888), при этом коэффициент гамма\_g устанавливают так же, как указано в [6.10-6.12](#sub_610), используя [формулы (14)-(21).](#sub_1414) В этих формулах необходимо заменить дельта\_тау, S\_тау, сигма, сигма, сигма\_i, сигма\_min, сигма\_max, тау, тау\_n, тау\_n', тау\_n'', тау' и тау'' на дельта\_x, S\_x, h, h, h\_i, h\_min, h\_max, X, X\_n, X\_n'', X' и X'' соответственно.

**Приложение Е**

**(обязательное)**

**Вычисление нормативных и расчетных значений
угла внутреннего трения и удельного сцепления
по результатам испытаний грунтов при трехосном сжатии**

1. При статистической обработке tg фи и c ([6.2 - 6.5](#sub_62)) частные значения tg фи\_j и c\_j вычисляют по формулам:

 N - 1

 j

 tg фи = ─────────────────, (Е.1)

 j 2 кв.корень(N )

 j

 М

 j

 с = ─────────────────, (Е.2)

 j 2 кв.корень(N )

 j

 где

 N и M - коэффициенты, вычисляемые по формулам (9) и (10) с заменой

 j j в них tg фи\_j, c\_j и сигма\_j на N\_j, M\_j, сигма\_1,i

 и сигма\_3,i, а сигма\_1 и сигма\_3 - главные напряжения при

 разрушении образца грунта.

Дальнейшую статистическую обработку проводят в соответствии с [6.3 - 6.5.](#sub_63)

2. При статистической обработке всех n пар опытных значений сигма\_1,i и сигма\_3,i как единой совокупности ([6.6 - 6.12](#sub_66)) вычисляют:

- нормативные значения коэффициентов N и М по [формулам (9)-(11)](#sub_999), заменяя в них сигма\_i на сигма\_ 3,i и тау\_i на сигма\_1,j;

- нормативные значения tg фи\_n и c\_n по [формулам (Е.1)](#sub_6001) и [(Е.2)](#sub_6002), заменяя в них tg фи\_j, c\_j, N\_j и M\_j, на tg фи\_n, c\_n N и М соответственно;

- коэффициент надежности по грунту гамма\_g с использованием [формул (12)-(21)](#sub_1212), заменяя в них тау'\_n, тау''\_n, дельта'\_тау, дельта''\_тау, c\_n, tg фи\_т, сигма\_min, сигма\_max, сигма, сигма\_i, тау\_i, S\_тау соответственно на сигма'\_1,n, сигма''\_1,n, дельта\_сигмаi', дельта\_сигма1'', M, N, сигма\_3,min, сигма\_3min, сигма\_3,max, сигма\_3, сигма\_3,i, сигма\_1,i, S\_сигма1.

- расчетные значения tg фи и c по [формуле (8).](#sub_888)

**Приложение Ж**

**(обязательное)**

**Статистические таблицы**

**Таблица Ж.1**

**Значения критерия ню при двусторонней
доверительной вероятности альфа = 0,95**

┌───────────┬────────────┬┬─────────┬───────────┬┬───────────┬──────────┐

│ Число │ Значение ││ Число │ Значение ││ Число │ Значение │

│определений│критерия ню ││определе-│критерия ню││определений│ критерия │

│ n │ ││ ний n │ ││ n │ ню │

├───────────┼────────────┼┼─────────┼───────────┼┼───────────┼──────────┤

│ 3 │ 1,41 ││ 19 │ 2,75 ││ 35 │ 3,02 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 4 │ 1,71 ││ 20 │ 2,78 ││ 36 │ 3,03 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 5 │ 1,92 ││ 21 │ 2,80 ││ 37 │ 3,04 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 6 │ 2,07 ││ 22 │ 2,82 ││ 38 │ 3,05 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 7 │ 2,18 ││ 23 │ 2,84 ││ 39 │ 3,06 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 8 │ 2,27 ││ 24 │ 2,86 ││ 40 │ 3,07 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 9 │ 2,35 ││ 25 │ 2,88 ││ 41 │ 3,08 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 10 │ 2,41 ││ 26 │ 2,90 ││ 42 │ 3,09 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 11 │ 2,47 ││ 27 │ 2,91 ││ 43 │ 3,10 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 12 │ 2,52 ││ 28 │ 2,93 ││ 44 │ 3,11 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 13 │ 2,56 ││ 29 │ 2,94 ││ 45 │ 3,12 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 14 │ 2,60 ││ 30 │ 2,96 ││ 46 │ 3,13 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 15 │ 2,64 ││ 31 │ 2,97 ││ 47 │ 3,14 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 16 │ 2,67 ││ 32 │ 2,98 ││ 48 │ 3,14 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 17 │ 2,70 ││ 33 │ 3,00 ││ 49 │ 3,15 │

│ │ ││ │ ││ │ │

│ 18 │ 2,73 ││ 34 │ 3,01 ││ 50 │ 3,16 │

└───────────┴────────────┴┴─────────┴───────────┴┴───────────┴──────────┘

**Таблица Ж.2**

**Значения коэффициента t\_альфа**

┌───────┬───────────────────────────────────────────────────────────────┐

│ Число │ Значения коэффициента t\_альфа при односторонней доверительной │

│степе- │ вероятности альфа, равной │

│ ней ├──────────┬─────────┬──────────┬─────────┬──────────┬──────────┤

│свободы│ 0,85 │ 0,90 │ 0,95 │ 0,975 │ 0,98 │ 0,99 │

│ К │ │ │ │ │ │ │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ │ (0,70) │ (0,80) │ (0.90) │ (0,95) │ (0.96) │ (0,98) │

├───────┼──────────┼─────────┼──────────┼─────────┼──────────┼──────────┤

│ 1 │ 2 │ 3 │ 4 │ 5 │ 6 │ 7 │

├───────┼──────────┼─────────┼──────────┼─────────┼──────────┼──────────┤

│ 3 │ 1,25 │ 1,64 │ 2,35 │ 3,18 │ 3,45 │ 4,54 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 4 │ 1,19 │ 1,53 │ 2,13 │ 2,78 │ 3,02 │ 3,75 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 5 │ 1,16 │ 1,48 │ 2,01 │ 2,57 │ 2,74 │ 3,36 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 6 │ 1,13 │ 1,44 │ 1,94 │ 2,45 │ 2,63 │ 3,14 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 7 │ 1,12 │ 1,41 │ 1,90 │ 2,37 │ 2,54 │ 3,00 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 8 │ 1,11 │ 1,40 │ 1,86 │ 2,31 │ 2,49 │ 2,90 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 9 │ 1,10 │ 1,38 │ 1,83 │ 2,26 │ 2,44 │ 2,82 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 10 │ 1,10 │ 1,37 │ 1,81 │ 2,23 │ 2,40 │ 2,76 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 11 │ 1,09 │ 1,36 │ 1,80 │ 2,20 │ 2,36 │ 2,72 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 12 │ 1,08 │ 1,36 │ 1,78 │ 2,18 │ 2,33 │ 2,68 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 13 │ 1,08 │ 1,35 │ 1,77 │ 2,16 │ 2,30 │ 2,65 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 14 │ 1,08 │ 1,34 │ 1,76 │ 2,15 │ 2,28 │ 2,62 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 15 │ 1,07 │ 1,34 │ 1,75 │ 2,13 │ 2,27 │ 2,60 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 16 │ 1,07 │ 1,34 │ 1,75 │ 2,12 │ 2,26 │ 2,58 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 17 │ 1,07 │ 1,33 │ 1,74 │ 2,11 │ 2,25 │ 2,57 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 18 │ 1,07 │ 1,33 │ 1,73 │ 2,10 │ 2,24 │ 2,55 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 19 │ 1,07 │ 1,33 │ 1,73 │ 2,09 │ 2,23 │ 2,54 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 20 │ 1,06 │ 1,32 │ 1,72 │ 2,09 │ 2,22 │ 2,53 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 25 │ 1,06 │ 1,32 │ 1,71 │ 2,06 │ 2,19 │ 2,49 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 30 │ 1,05 │ 1,31 │ 1,70 │ 2,04 │ 2,17 │ 2,46 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 40 │ 1,05 │ 1,30 │ 1,68 │ 2,02 │ 2,14 │ 2,42 │

│ │ │ │ │ │ │ │

│ 60 │ 1,05 │ 1,30 │ 1,67 │ 2,00 │ 2,12 │ 2,39 │

├───────┴──────────┴─────────┴──────────┴─────────┴──────────┴──────────┤

│ **Примечание.** В скобках приведены значения двусторонней│

│доверительной вероятности альфа. │

└───────────────────────────────────────────────────────────────────────┘

**Таблица Ж.3**

**Значения коэффициента V\_альфа (альфа = 0,95)**

┌──────┬─────┬─────┬─────┬────┬─────┬─────┬─────┬─────┬─────┬─────┬─────┐

│ламбда│ 0,5 │0,55 │ 0,6 │0,65│ 0,7 │0,75 │ 0,8 │0,85 │ 0,9 │0,95 │ 1,0 │

├──────┤ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ К │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

├──────┼─────┼─────┼─────┼────┼─────┼─────┼─────┼─────┼─────┼─────┼─────┤

│ 1 │ 2 │ 3 │ 4 │ 5 │ 6 │ 7 │ 8 │ 9 │ 10 │ 11 │ 12 │

├──────┼─────┼─────┼─────┼────┼─────┼─────┼─────┼─────┼─────┼─────┼─────┤

│ 3 │2,94 │2,98 │3,02 │3,05│3,09 │3,11 │3,14 │3,16 │3,17 │3,18 │3,19 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 4 │2,61 │2,64 │2,67 │2,70│2,72 │2,74 │2,75 │2,76 │2,77 │2,78 │2,78 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 5 │2,44 │2,47 │2,49 │2,51│2,53 │2,54 │2,55 │2,56 │2,57 │2,57 │2,57 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 6 │2,34 │2,36 │2,38 │2,40│2,41 │2,43 │2,44 │2,44 │2,45 │2,45 │2,45 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 7 │2,27 │2,29 │2,31 │2,33│2,34 │2,35 │2,36 │2,36 │2,36 │2,36 │2,36 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 8 │2,22 │2,24 │2,26 │2,27│2,28 │2,29 │2,30 │2,30 │2,31 │2,31 │2,31 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 9 │2,18 │2,20 │2,22 │2,23│2,24 │2,25 │2,26 │2,26 │2,26 │2,26 │2,26 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 10 │2,15 │2,17 │2,19 │2,20│2,21 │2,22 │2,22 │2,23 │2,23 │2,23 │2,23 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 11 │2,13 │2,15 │2,16 │2,17│2,18 │2,19 │2,20 │2,20 │2,20 │2,20 │2,20 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 12 │2,11 │2,13 │2,14 │2,15│2,16 │2,17 │2,18 │2,18 │2,18 │2,18 │2,18 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 13 │2,09 │2,11 │2,12 │2,14│2,15 │2,15 │2,16 │2,16 │2,16 │2,16 │2,16 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 14 │2,08 │2,10 │2,11 │2,12│2,13 │2,14 │2,14 │2,14 │2,15 │2,15 │2,15 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 15 │2,07 │2,08 │2,10 │2,11│2,12 │2,12 │2,13 │2,13 │2,13 │2,13 │2,13 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 16 │2,06 │2,07 │2,09 │2,10│2,11 │2,11 │2,12 │2,12 │2,12 │2,12 │2,12 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 17 │2,05 │2,06 │2,08 │2,09│2,10 │2,10 │2,11 │2,11 │2,11 │2,11 │2,11 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 18 │2,04 │2,06 │2,07 │2,08│2,09 │2,10 │2,10 │2,10 │2,10 │2,10 │2,10 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 19 │2,03 │2,05 │2,06 │2,07│2,08 │2,09 │2,09 │2,09 │2,09 │2,09 │2,09 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 20 │2,03 │2,04 │2,06 │2,07│2,08 │2,08 │2,08 │2,09 │2,09 │2,09 │2,09 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 25 │2,00 │2,02 │2,03 │2,04│2,05 │2,06 │2,06 │2,06 │2,06 │2,06 │2,06 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 30 │1,99 │2,00 │2,02 │2,03│2,03 │2,04 │2,04 │2,04 │2,04 │2,04 │2,04 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 40 │1,97 │1,99 │2,00 │2,01│2,01 │2,02 │2,02 │2,02 │2,02 │2,02 │2,02 │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 60 │1,95 │2,06 │1,98 │1,99│1,99 │2,00 │2,00 │2,00 │2,00 │2,00 │2,00 │

└──────┴─────┴─────┴─────┴────┴─────┴─────┴─────┴─────┴─────┴─────┴─────┘

**Таблица Ж.4**

**Значения критерия F\_альфа при доверительной вероятности альфа = 0,95**

┌────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┬────┐

│ К1 │ 5 │ 6 │ 7 │ 8 │ 9 │ 10 │ 11 │ 12 │ 14 │ 16 │ 20 │ 30 │ 40 │ 60 │

├────┤ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ К2 │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

├────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┤

│ 1 │ 2 │ 3 │ 4 │ 5 │ 6 │ 7 │ 8 │ 9 │ 10 │ 11 │ 12 │ 13 │ 14 │ 15 │

├────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┼────┤

│ 5 │5,05│4,95│4,88│4,82│4,78│4,74│4,70│4,68│4,64│4,60│4,56│4,50│4,46│4,43│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 6 │4,39│4,28│4,21│4,15│4,10│4,06│4,03│4,00│3,96│3,92│3,87│3,81│3,77│3,74│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 7 │3,97│3,87│3,79│3,71│3,68│3,63│3,60│3,57│3,52│3,49│3,44│3,38│3,34│3,30│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 8 │3,69│3,58│3,50│3,44│3,39│3,34│3,31│3,28│3,23│3,20│3,15│3,08│3,05│3,01│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 9 │3,48│3,37│3,29│3,23│3,18│3,13│3,10│3,07│3,02│2,98│2,93│2,86│2,82│2,79│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 10 │3,33│3,22│3,14│3,07│3,02│2,97│2,94│2,91│2,86│2,82│2,77│2,70│2,67│2,62│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 11 │3,20│3,09│3,01│2,95│2,90│2,86│2,82│2,79│2,74│2,70│2,65│2,57│2,53│2,49│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 12 │3,11│3,00│2,92│2,85│2,80│2,76│2,72│2,69│2,64│2,60│2,54│2,46│2,42│2,38│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 13 │3,02│2,92│2,84│2,77│2,72│2,67│2,63│2,60│2,55│2,51│2,46│2,38│2,34│2,30│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 14 │2,96│2,85│2,77│2,70│2,65│2,60│2,56│2,53│2,48│2,44│2,39│2,31│2,27│2,22│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 15 │2,90│2,79│2,70│2,64│2,59│2,55│2,51│2,48│2,43│2,39│2,33│2,25│2,21│2,16│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 16 │2,85│2,74│2,66│2,59│2,54│2,49│2,45│2,42│2,37│2,33│2,28│2,20│2,16│2,11│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 17 │2,81│2,70│2,62│2,55│2,50│2,45│2,41│2,38│2,33│2,29│2,23│2,15│2,11│2,06│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 18 │2,77│2,66│2,58│2,51│2,46│2,41│2,37│2,34│2,29│2,25│2,19│2,11│2,07│2,02│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 19 │2,74│2,63│2,55│2,48│2,43│2,38│2,34│2,31│2,26│2,21│2,15│2,07│2,02│1,98│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 20 │2,71│2,60│2,52│2,45│2,40│2,35│2,31│2,28│2,23│2,18│2,12│2,04│1,99│1,95│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 22 │2,66│2,55│2,47│2,40│2,35│2,30│2,26│2,23│2,18│2,13│2,07│1,98│1,93│1,89│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 24 │2,62│2,51│2,43│2,36│2,30│2,26│2,22│2,18│2,13│2,09│2,02│1,94│1,89│1,84│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 26 │2,59│2,47│2,39│2,32│2,27│2,22│2,18│2,15│2,10│2,05│1,99│1,90│1,85│1,80│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 28 │2,56│2,44│2,36│2,29│2,24│2,19│2,15│2,12│2,06│2,02│1,96│1,87│1,81│1,77│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 30 │2,53│2,42│2,34│2,27│2,21│2,16│2,12│2,09│2,04│1,99│1,93│1,84│1,79│1,74│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 40 │2,45│2,34│2,25│2,18│2,12│2,08│2,04│2,00│1,95│1,90│1,84│1,74│1,69│1,64│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 50 │2,40│2,29│2,20│2,13│2,07│2,02│1,98│1,95│1,90│1,85│1,78│1,69│1,63│1,58│

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

│ 60 │2,37│2,25│2,17│2,10│2,04│1,99│1,95│1,92│1,87│1,82│1,75│1,65│1,59│1,53│

├────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┴────┤

│ **Примечание.** К\_1 и К\_2 - число степеней свободы соответственно│

│числителя и знаменателя. │

└──────────────────────────────────────────────────────────────────────────┘