



Scan to know paper details and  
author's profile

# Stamp Tests of Loess Soil Samples in a Tray

*Dr. Aigul Budikova*

*Kyzylorda University*

## ABSTRACT

For construction conditions, when it is necessary to determine the expected amount of subsidence of small-width structures on high-capacity loess bases having a soaking area larger than the area of the base of their foundation due to prolonged moistening by filtration flow, the compression compression model for determining relative subsidence becomes unacceptable.

In addition, when determining the relative subsidence based on the results of compression tests, it is assumed that the soil of the loess base is deformed only in the vertical direction during moistening, while lateral deformations of the soil from the action of horizontal compacting stresses are not taken into account. However, as the results of comparing the calculations of many researchers of the expected subsidence with field data show, compression tests underestimate the additional deformations of structures that occur when their loess bases are moistened.

*Keywords:* NA

*Classification:* DDC Code: 624.151

*Language:* English



Great Britain  
Journals Press

LJP Copyright ID: 392915

Print ISSN: 2631-8474

Online ISSN: 2631-8482

London Journal of Engineering Research

Volume 25 | Issue 1 | Compilation 1.0





# Stamp Tests of Loess Soil Samples in a Tray

## ШТАМПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ В ЛОТКЕ

Dr. Aigul Budikova

### АННОТАЦИЯ

Для условий строительства, когда необходимо определить ожидаемую величину просадки сооружений небольшой ширины на лёссовых основаниях большой мощности, имеющих область замачивания больше площади подошвы их фундамента вследствие длительного увлажнения фильтрационным потоком, модель компрессионного сжатия для определения относительной просадки становится неприемлемой.

Кроме того, при определении относительной просадки по результатам компрессионных испытаний предполагается, что грунт лёссового основания при увлажнении деформируется только в вертикальном направлении, боковые деформации грунта от действия горизонтальных составляющих уплотняющих напряжений при этом не принимаются во внимание. Однако, как показывают результаты сравнения расчетов многих исследователей ожидаемой просадки с натурными данными, компрессионные испытания дают заниженные величины дополнительных деформаций сооружений, возникающих при увлажнении их лёссовых оснований.

### ABSTRACT

For construction conditions, when it is necessary to determine the expected amount of subsidence of small-width structures on high-capacity loess bases having a soaking area larger than the area of the base of their foundation due to prolonged moistening by filtration flow, the compression compression model for determining relative subsidence becomes unacceptable.

*In addition, when determining the relative subsidence based on the results of compression tests, it is assumed that the soil of the loess base is deformed only in the vertical direction during moistening, while lateral deformations of the soil from the action of horizontal compacting stresses are not taken into account. However, as the results of comparing the calculations of many researchers of the expected subsidence with field data show, compression tests underestimate the additional deformations of structures that occur when their loess bases are moistened.*

**Автор:** Молдашевна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, город Кызылорда, Республика Казахстан.

**Author:** Budikova Aigul Moldashevna, candidate of technical sciences, associate professor of the Department «Architecture and construction production», Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda city, Republic of Kazakhstan.

### I. INTRODUCTION

Вертикальная просадочная деформация по рекомендациям СП (свод правил) и ВСН (ведомственные и строительные нормы) подсчитывается по модели компрессионного сжатия (без возможности бокового расширения) небольшой мощности слоя грунта под подошвой фундамента сооружения. При этом предполагается, что замачивание происходит только под подошвой фундамента, а мощность лёссового основания невелика, так как в компрессионном приборе отношение высоты образца к его диаметру  $h/d = 3,7/8,75 = 0,42$  см. Для условий строительства, когда необходимо определить ожидаемую величину просадки сооружений небольшой ширины на лёссовых основаниях большой мощности, имеющих область замачивания

больше площади подошвы их фундамента вследствие длительного увлажнения фильтрационным потоком, модель компрессионного сжатия для определения относительной просадки становится неприемлемой. Кроме того, при определении относительной просадки по результатам компрессионных испытаний предполагается, что грунт лёссового основания при увлажнении деформируется только в вертикальном направлении, боковые деформации грунта от действия горизонтальных составляющих уплотняющих напряжений при этом не принимаются во внимание. Однако, как показывают результаты сравнения расчетов многих исследователей ожидаемой просадки с натурными данными, компрессионные испытания дают заниженные величины дополнительных деформаций сооружений, возникающих при увлажнении их лёссовых оснований [2].

Результаты исследований просадочных деформаций многих ученых показали, что их характер зависит от ширины подошвы фундамента сооружения. Под распластанными сооружениями просадка происходит без бокового расширения и в этих условиях компрессионные испытания дают результаты, сопоставимые с натурой. Но под узкими фундаментами деформация просадки происходит с боковым выпором грунта. Как показали опыты, проведенные Н. Н. Фроловым [2], фактическая просадка сооружений (в г. Никополе) оказалась в 2-2,8 раза больше, чем расчетная с учетом данных компрессионных испытаний. Причину таких несовпадений автор объясняет наличием бокового выпора грунта, не учитываемым при расчете. Следует, однако, отметить, что сравнение величин вертикальных и горизонтальных перемещений, по данным С.Г.Юрченко [1], показывает, что боковые перемещения значительно меньше вертикальных и составляют около 15% от их величины. Расхождение между фактическими и расчетными величинами просадки автор объясняет тем, что просадка по своей природе

носит явно пластический характер, а не является деформацией уплотнения, как принято в нормативных документах, и, следовательно, компрессионные приборы не способны моделировать работу грунта в фазе пластических деформаций [4].

Для приближения модели лабораторного исследования просадочных свойств лёссового грунта к реальным условиям их работы под неширокими гидротехническими сооружениями гидромелиоративных систем и для получения качественной картины деформированного состояния образцов лёссового грунта после их замачивания под нагрузкой нами были проделаны штамповые испытания такого грунта в лотке. Поскольку в реальном грунтовом основании под сооружением (в зависимости от соотношения сторон подошвы фундамента и сжимаемой толщи грунта), кроме компрессионного, может быть и другое деформационное состояние с возможностью бокового расширения грунта и областью замачивания за пределами контура фундамента, необходимо было размеры основания под штампом, имитирующим подошву фундамента строительных сооружений, принять в несколько раз больше размеров штампа как в ширину, так и в глубину для того, чтобы не было влияния стенок и дна лотка на возможное расширение грунта под действием нагрузки и увлажнения [2].

Так как в лотке для штамповового испытания использовались образцы натурного грунта естественной структуры и напряжения  $\sigma_z$ , передаваемые штампом на основание, равны реальным, то и его относительная деформация  $\varepsilon_{sl}$  будет соответствовать реальной.

Нами были проделаны два вида испытания образцов лёссового грунта в лотке:

1. Имитация плоской модели сооружения.
2. Имитация осесимметричной модели сооружения.

В первом случае лоток имел размеры  $b \times l \times h = 10 \times 55 \times 60 \text{ см}$ ; штамп имел размеры  $10 \times 10 \text{ см}$ , ширина лотка была равна ширине штампа, имитирующего ширину подошвы

сооружения, а длина лотка была принята в пять раз больше ширины штампа. Во втором случае лоток имел размеры  $b \times l \times h = 30 \times 42 \times 45 \text{ см}$  и для передачи нагрузки на грунт использовался круглый штамп диаметром  $d = 7 \text{ см}$ .

Высота образцов лёссового суглинка была равна 35 см, ниже лотки были заполнены плотным мелким песком. Размеры лотков (а, следовательно, и монолита грунта) назначены таковыми, чтобы они соответствовали возможным контурам замачивания грунта основания от имитируемого относительно неширокого гидросооружения.

Одна сторона лотков была выполнена из прозрачного оргстекла. В лоток помещался образец натурного грунта в виде монолита в естественном по ориентации состоянии. На лицевой стороне монолита, примыкающей к оргстеклу, прежде чем помещать его в лоток, наносилась несмываемой краской сетка размерами  $2 \times 2 \text{ см}$ . Во избежание застенной фильтрации передняя поверхность монолита тщательно выравнивалась для наиболее

плотного прилегания к лицевой стороне ящика. Прозрачная стенка необходима для возможности визуального фиксирования изменения контура промачивания грунтового основания под штампом, а также изменение его деформативного состояния после приложения к нему через штамп постепенно увеличивающейся ступенями нагрузки. Лоток размещался на металлическом столе с нагрузочной системой, позволяющей передавать на образец грунта нагрузку так называемым «мертвым грузом» ступенями, начиная с  $p = 0,0065 \text{ МПа}$ , через жесткий штамп толщиной  $t = 1 \text{ см}$ . Штамп с нагрузочной системой соединялся жестко. Для замеров перемещения лёссового грунта от нагрузки и при замачивании применялись прогибомеры ЛИСИ. Общая картина - деформированный грунт - снималась на кальку и фотографировалась. На рисунках 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 и 2.6 показаны стенд и испытуемый грунт в нем до и после нагружения и замачивания [1].



*Рисунок 1:* Вид установки и монолит лёссового грунта до нагружения и замачивания



а)



б)

*Рисунок 2:* а) картина деформирования лёссового грунта при замачивании после нагружения  $p=0,1\text{МПа}$ ,  $w_{sl}=16\%$  (плоская модель); б) вид плоской модели сверху



а) – при нагрузке  $p=0,02\text{МПа}$



б) – при нагрузке  $p=0,08\text{МПа}$

*Рисунок 3:* Вид осесимметричной модели сверху

После суток консолидации грунта под нагрузкой и снятия начального отсчета по индикатору вокруг штампа заливалось строго дозированное количество воды. Количество воды определялось с учетом изменения пористости образцов грунта после замачивания. Для этого взвешивали монолит грунта природной влажности, помещаемый в лоток,  $m_{go}=2277\text{г}$  и определяли массу частиц:  $m_s=\rho_s v_s=2,73 \times 7804,5=21306,2$ , г.

В таблице 1 показано количество воды, которое доливалось в лоток для плоской модели при замачивании образца до нужной влажности:

**Таблица 1:** количество воды долитой в лоток для плоской модели при замачивании образца

Влажность замоченного грунта, $w_{sl}$ , %	Масса долитой воды, $m_w$ , кг	
	Плоская модель	Оссесимметрическая модель
16	1,945	2,55
21	3,010	3,98
26	4,075	5,98

При этом производился отсчет по индикатору для определения величины просадки. С продвижением контура увлажнения под штампом вглубь монолита по координатной

сетке определялась мощность замоченного слоя. Результаты эксперимента при разных значениях давления и влажности приведены в таблице 2.

**Таблица 2:** Результаты лабораторного испытания образца в лотке при разных давлениях и влажности

Влажность $w$ , %	Просадка при разных давлениях $S_{sl}$ , см,		
	$p=0$ МПа	$p=0,05$ МПа	$p=0,1$ МПа
8	0	0,3	0,5
16	0,7	1,4	1,8
21	1,8	2,7	3,1
23	2,5	3,7	4,9
26	4,2	6,1	7,9

Кроме того, проводились определения величин относительной просадки при испытаниях образцов лёссового суглинка, замоченных до различных влажностей, при

испытаниях их в плоской и в осесимметричной моделях. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.

**Таблица 3:** Величины относительной просадки, полученные при испытаниях лёссового суглинка на различных моделях

w, %	Относительная просадка $\epsilon_{sl}$ при испытаниях грунта в плоской модели и осесимметричной									
	$p=0$ МПа		$p=0,04$ МПа		$p=0,05$ МПа		$p=0,1$ МПа		$p=0,2$ МПа	
	плос- кая	осе- сим	плос- кая	осе- сим	плос- кая	осе- сим	плос- кая	осе- сим	плос- кая	осе- сим
8	0	0	0,55	0,75	1,9	2,3	2,5	3,4	3,1	5,3
16	0,3	0,4	1,6	1,9	2,9	3,4	3,7	5	4,3	7,5
21	0,5	0,61	2,5	2,7	3,7	4,5	5,2	6,8	8,7	9,4
23	0,71	0,71	3,9	3,6	4,5	4,5	7,6	7,6	10,5	11,7
26	0,92	0,92	4,2	4,7	4,9	5,1	8,5	9,2	12,9	13,5

Как показала раскопка грунта в лотке после завершения эксперимента, влажность грунта сразу под подошвой штампа и чуть ниже от него была выше влажности ниже лежащих слоев грунта. Как видно из рисунков 1, 2, 3 области пластической деформации возникают прежде всего сразу под штампом и под краями

его и далее по мере продвижения фронта увлажнения область деформированного грунта распространяется вниз на глубину, равную примерно 2,5в и на 1,5в в каждую сторону от штампа, где в- ширина штампа.

Как показал анализ результатов экспериментов, существует предельное

значение влажности, после достижения которой величина деформации грунта резко возрастает и происходит пластическое течение грунта, хотя нагрузка при этом не увеличивалась и оставалась постоянной. По достижении этой влажности штамп резко опускается вниз и вокруг него образуются бугры выпирания. Причем такая же картина наблюдается как при испытании лёссового грунта в плоском лотке, так и при осесимметричном испытании (рисунок 3(б)). При этом, как показали эксперименты, картина разрушения при достижении критической влажности  $w=19\%$  в осесимметричном лотке наступает при нагрузке  $p=0,07\text{МПа}$ , а при испытании в плоском лотке значение критической влажности мало меняется ( $w=16\%$ ), а критическая нагрузка увеличивается до значения  $p=0,1\text{МПа}$ . Дальнейшее увеличение влажности вызывает непрерывное возрастание деформации пластического

течения, т.е. в отличие от непросадочных грунтов, где потеря прочности наступает при достижении второй критической нагрузки, в лёссовых грунтах разрушение наступает не от увеличения нагрузки, а от достижения влажности грунта критического значения [1]. На наш взгляд, такое поведение грунта объясняется тем, что по достижении критической влажности грунт переходит в текучее состояние и его несущая способность резко уменьшается от существенного уменьшения прочностных характеристик грунта - угла внутреннего трения  $\phi$  и удельного сцепления  $c$ . А разные значения критических нагрузок при различных схемах лотка можно объяснить тем, что при осесимметричной модели в лотке есть возможность образования бугров выпирания не только слева и справа от штампа, как в плоском лотке, но и спереди и сзади от него, что и ускоряет наступление момента разрушения.

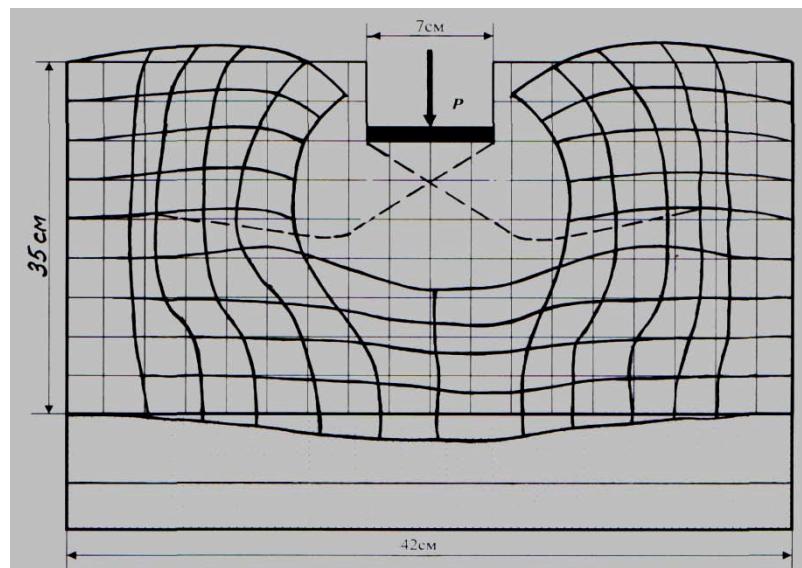


Рисунок 4: Деформация лёссового основания при нагрузке

$$p=0,07\text{МПа} \text{ и } w_{sl}=19\% \text{ в осесимметричной модели}$$

Необходимо отметить, что как показали эксперименты, при увлажнении лёссового грунта существенно уменьшается величина удельного сцепления, падая практически до нуля, угол внутреннего трения при этом уменьшается незначительно, что объясняется природой лёссовых грунтов, где прочность в

основном обеспечивается сцеплением между частицами грунта, а трение между ними играет незначительную роль в связи с их большой пористостью и малой природной плотностью [3].

## II. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрченко С.Г. Методика расчета ожидаемой совместной просадочной деформации гидротехнических сооружений и их лёссовых оснований с учетом области замачивания//Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета // Томск, 2008, №2.
2. Фролов Н.Н. Повышение надежности расчетов гидрооборужений на лёссовых основаниях по просадочным деформациям//Мелиорация и водное хозяйство // М., 2007, №2.
3. Будикова А.М., Камалова Н.Н. Research of engineering-geological characteristics of forest soils of the city of Kyzylorda. Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан (WoS), 1(2021), ISSN 2518-1467 (Online). Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan ISSN 1991-3494 Volume 1, Number 389(2021)
4. Будикова А.М., Отепберген Н.О. Определение характеристик замоченного лессового грунта, научно-технический журнал Проблемы науки, №06(30), 2018г. Свидетельство федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (роскомнадзор) пп № фс 77-62929. международные стандартные серийные номера: issn print 2413-2101, issn online 2542-078x. <http://scienceproblems.ru/images/PDF/2018/30/suprematism-i-informatika.pdf>.