

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫХ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПО ПЛОЩАДИ ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ*

В.В. ДЕНИСЕНКО¹, П.А. ЛЯШЕНКО²

¹*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: denvivi@yandex.ru*

²*Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
электронная почта: lyseich1@yandex.ru*

Основными недостатками известных установок для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки являются большие трудовые и материальные затраты при их применении. Описана разработанная авторами установка для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки, которые позволяют при одном испытании грунтового основания определять распределение реактивного нормального напряжения грунтового основания в любых произвольных точках по подошве штампа и деформационные характеристики грунтов, упрощают и удешевляют испытания грунтового основания, повышают достоверность результатов.

Ключевые слова: грунтовое основание, фундамент сооружения, штамп, упорная система, статическая нагрузка, реактивное напряжение, деформация.

Для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки, необходимых для расчета внутренних усилий в теле фундаментов, используют различные установки [1–6], которые требуют больших трудовых и материальных затрат и имеют ряд недостатков, ограничивающих и снижающих эффективность их применения.

Так, например, тензометрический штамп [1] для измерения контактного давления, включающий нагрузочное устройство и систему измерения осадки штампа, нижнюю и верхнюю балки с вмонтированными между ними измерительными приспособлениями (причем обе балки выполнены из пяти элементов-пластин, а между пластинами верхней и нижней балок установлены измерительные приспособления в виде тензометрических колец для измерения реактивного напряжения), имеет следующие недостатки: сложность изготовления и транспортировки; большую трудоемкость и сложность монтажа и демонтажа;

необходимость тарировки тензометрической измерительной системы после каждого монтажа установки; невозможность определения распределения реактивного напряжения грунтового основания в любых произвольных точках по подошве штампа; искаженное распределение контактных деформаций по подошве штампа вследствие жесткости нижних балок и, как следствие, низкую достоверность результатов испытаний.

Устройство для испытания грунтов [2] включает секционный штамп и связанные с каждой секцией нагрузочное и измерительное приспособления, смонтированные на раме, где с каждой секцией соединены два силовых цилиндра, с помощью которых контролируется распределение контактного напряжения по подошве штампа. Его недостатки: сложность конструкции; сложность и высокая стоимость изготовления; повышенные требования к транспортировке, монтажу и демонтажу; сложность управления работой установки; заданность распределения реактивного напряжения по подошве штампа до испытания; низкая достоверность результатов испытаний из-за получения на каждом элементе-пластине только одного значения и ограниченной возможности варьирования распределения значений напряжения.

Штамп для нагружения грунта [3], включающий нагружающие элементы, выполненные в виде набора вертикально расположенных стержней, подвешенных на горизонтальной площадке несущей рамы с возможностью осевого перемещения (стержни выполнены в виде идентичных призм, имеющих равные массы с основаниями в виде равносторонних многоугольников и контактирующих боковыми гранями друг с другом), имеет следующие недостатки: сложность конструкции, состоящей из сотен стержней; сложность измерений их перемещений; возможность приложения только одного значения прикладываемого на грунтовое основание напряжения, определяемого массой стержней; нарушение природного сложения грунтового основания предварительной закладкой датчиков давления; отсутствие согласования нагрузки от стержней штампа с датчиками давления; низкая достоверность

результатов испытаний из-за получения только одного измерения при одном испытании и нарушения природного сложения грунтового основания.

Установка для испытания грунта статической нагрузкой [4], включающая нагрузочный штамп, упорную систему, состоящую из упорной балки и анкеров, блок приложения нагрузки, состоящий из гидродомкрата и стабилизатора давления, и измерительную систему, имеет следующие недостатки: получение в одном испытании только одного значения реактивного напряжения грунтового основания, среднего для всей площади подошвы штампа, и соответствующего ему одного значения осадки штампа; невозможность определения распределения реактивного напряжения грунтового основания в любых произвольных точках по подошве штампа; низкую достоверность результатов испытаний из-за получения при одном испытании только одного значения осадки грунта и одного значения давления.

При выполнении НИР [7] нами разработана установка [8] для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки (рисунок 1).

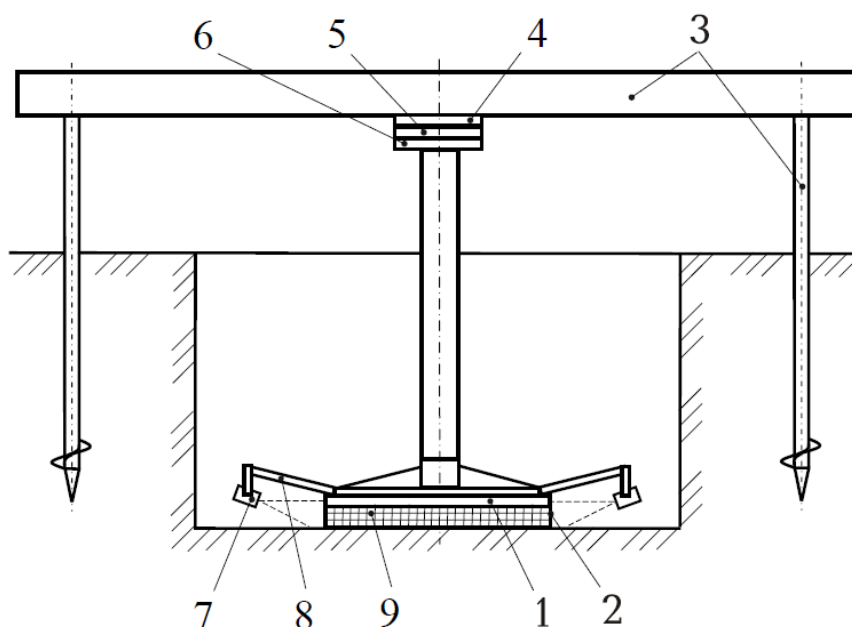


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема установки для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки

Установка для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки состоит из нагрузочного штампа 1, упругой пластины 2, упорной системы 3, блока приложения нагрузки 4, регистратора приложенной нагрузки 5, регистратора осадки штампа 6, видеорегистраторов деформации упругой пластины 7 с кронштейнами 8. На всех боковых сторонах упругой пластины 2 выполнена координатная прямоугольная сетка 9.

Нагрузочный штамп 1 имеет жесткую конструкцию и квадратную форму в плане. Упругая пластина 2 имеет такие же форму и размеры в плане, что и нагрузочный штамп 1, толщину 0,05–0,1 размера сторон штампа и модуль упругости 30–50 МПа.

Видеорегистраторы деформации упругой пластины 7 размещены со всех боковых сторон нагрузочного штампа 1 по его осям симметрии, имеют полный обзор боковых сторон упругой пластины 2 и жестко закреплены на нагрузочном штампе 1 с помощью кронштейнов 8.

Упорная система 3 выполнена в виде жесткой упорной балки и анкеров. В качестве упорной системы может использоваться любая упорная конструкция для испытания грунтов статическими нагрузками [9–10].

Блок приложения нагрузки 4 выполнен в виде гидродомкрата со стабилизатором давления. Блок приложения нагрузки 4 соединен с нагрузочным штампом 1 через жесткую колонну труб, состоящую из отдельных звеньев, соединяемых с помощью резьбового соединения [11].

Регистратор приложенной нагрузки 5 выполнен в виде цифрового датчика давления с блоком памяти или манометра с визуальным съемом показаний.

Регистратор осадки штампа 6 выполнен в виде цифрового датчика линейных перемещений с блоком памяти или прогибомера с визуальным съемом показаний [12–13].

Выполнение нагрузочного штампа 1 в виде жесткой конструкции и размещение под нагрузочным штампом упругой пластины 2 исключает деформацию подошвы штампа, обеспечивает равномерно распределенную

передачу сжимающей нагрузки по всей поверхности упругой пластины и определение распределения нормальных реактивных напряжений грунтовых оснований по подошве нагрузочного штампа.

Выполнение упругой пластины 2 с толщиной 0,05–0,10 размера сторон штампа и модулем упругости не более 50 МПа гарантирует ее сжимаемость под действием приложенной нагрузки и реакции грунтового основания приложенной сжимающей нагрузке, а выполнение на ее боковых сторонах координатной прямоугольной сетки обеспечивает отображение величины деформации по всем боковым сторонам в неограниченном количестве точек.

Жесткое закрепление с помощью кронштейнов 8 на штампе 1 с боковых сторон по осям его симметрии видеорегистраторов деформации упругой пластины 7 с возможностью полного обзора боковых сторон обеспечивает полный обзор боковых сторон упругой пластины и одинаковые условия видеорегистрации и обработки результатов деформации упругой пластины со всех ее боковых сторон.

Выполнение упругой пластины 2 и нагрузочного штампа 1 квадратной формы упрощает обработку результатов видеорегистрации и определение величины деформации в любой точке боковых сторон упругой пластины.

Введение в измерительную систему регистратора приложенной нагрузки 5 и регистратора осадки штампа 6 обеспечивает синхронизацию регистрации величины приложенной нагрузки, величины осадки нагрузочного штампа и деформации упругой пластины в любой точке боковых сторон упругой пластины в любой момент испытания грунтового основания.

Определение распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки с помощью описанной установки заключается в следующем.

На выровненном грунтовом основании горной выработки устанавливают нагрузочный штамп 1 с упругой пластиной 2 и видеорегистраторами деформации упругой пластины 7, жестко закрепленными с помощью кронштейнов 8 со всех боковых сторон нагрузочного штампа 1 по его осям симметрии с возможностью полного обзора боковых сторон упругой пластины 2.

Монтируют упорную систему 3, блок приложения нагрузки 4, регистратор приложенной нагрузки 5 и регистратор осадки штампа 6.

Видеорегистраторы деформации упругой пластины 7 могут устанавливаться также на самостоятельной реперной системе.

После монтажа установки для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки с помощью блока приложения нагрузки 4 производят приложение на нагрузочный штамп 1 нагрузки заданными ступенями с выдержкой каждой до стабилизации осадки нагрузочного штампа 1.

В процессе испытания грунтового основания с помощью регистратора приложенной нагрузки 5, регистратора осадки штампа 6 и видеорегистраторов деформации упругой пластины 7 производят синхронную регистрацию приложенной нагрузки, осадки нагрузочного штампа 1 и видеорегистрацию деформации всех боковых сторон упругой пластины 2, имеющих координатную прямоугольную сетку 9.

По данным видеорегистрации боковых сторон упругой пластины 2 определяют величину деформации в любых точках боковых сторон упругой пластины на любой ступени нагрузки в любой момент испытания грунтового основания.

По величине деформации упругой пластины в различных точках боковых сторон в любой момент испытания вычисляют величину деформации упругой пластины в любых точках по подошве нагрузочного штампа.

По величине деформации упругой пластины в любых точках по подошве нагрузочного штампа в любой момент испытания грунтового основания и модуля упругости упругой пластины вычисляют реактивное нормальное напряжение на поверхности грунтового основания в этих точках, при этом число и положение точек по подошве нагрузочного штампа, в которых можно определить реактивное нормальное напряжение на поверхности грунтового основания, не ограничено.

Кроме того, по разнице осадки нагрузочного штампа l и средней деформации упругой пластины 2 определяют среднюю деформацию поверхности грунтового основания и рассчитывают модуль деформации грунтового основания.

Таким образом, установка для определения распределения реактивных нормальных напряжений грунтовых оснований по площади приложения нагрузки позволяет при одном испытании грунтового основания определять распределение реактивного нормального напряжения грунтового основания в любых произвольных точках по подошве штампа и деформационные характеристики грунтов, что упрощает и удешевляет испытания грунтового основания и повышает достоверность результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авт. св. СССР № 294095 G01n 3/08. Тензометрический штамп / Васильченко А.С., Гильман Я.Д. // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы, 1971, № 6.

2. Авт. св. СССР № 746034 E02D 1/00. Устройство для испытания грунтов / Евдокимов П.Д., Ширяев Р.А., Карпов Н.М. и др. // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы, 1980, № 25.

3. Авт. св. СССР № 1511332 E02D 1/00. Штамп для нагружения грунта / Зеленый П.В., Бойков В.Н., Рудельсон В.Г. и др. // Открытия. Изобретения, 1989, № 36.

4. Авт. св. СССР № 256321 G01L. Установка для испытания грунта статической нагрузкой / Малеванный А.А. // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы, 1969, № 34.

5. Патент на изобретение РФ № 2594954 E02D 1/00, G01N 3/08. Тензометрический штамп / Ляшенко П.А., Денисенко В.В., Гохаев Д.В. и др. // Изобретения. Полезные модели, 2016, № 23.

6. Патент на изобретение РФ № 2561433 E02D 1/00. Способ испытания грунтового основания штампом / Денисенко В.В., Ляшенко П.А. // Изобретения. Полезные модели, 2015, № 24.

7. Осенняя А.В., Будагов И.В., Денисенко В.В., Желтко Ч.Н., Кононенко В.Н., Кравченко Э.В., Пинчук А.П., Хахук Б.А. Мониторинг объектов недвижимости на примере муниципальных образований Краснодарского края // Отчет о НИР по теме № 01201152081 Минобрнауки России. – Краснодар: КубГТУ, 2015. – 33 с.

8. Патент на изобретение РФ № 2548063 E02D 1/00, G01N 19/00. Устройство для испытания грунтов / Денисенко В.В., Ляшенко П.А., Семенец А.В. и др. // Изобретения. Полезные модели, 2015, № 10.

9. Авт. св. СССР № 1366602 E02D 33/00. Устройство для испытания грунтов статистическими нагрузками / Денисенко В.В., Байков О.Н., Антропов В.А. и др. // Открытия. Изобретения, 1988, № 2.

10. Денисенко В.В., Байков О.Н., Рашковецкий М.А. и др. Устройство для испытания эталонной сваи МАУЭС-2-4 // Отчет о НИОКР по теме № 72/84 Госстроя РСФСР. – Краснодар: СевКавТИСИЗ, 1984. – 132 с.

11. Денисенко В.В. Рекомендации по резьбовым соединениям буровых и обсадных труб (Р 23-3.2.13-80). – М.: ПО «Стройизыскания», 1980. – 48 с.

12. Денисенко В.В., Байков О.Н., Дорошенко Г.И. Прогибомер для испытания грунтов статическими нагрузками ПСКТ-2 // Отчет о НИОКР по теме № 55/81 Госстроя РСФСР. – Краснодар: СевКавТИСИЗ, 1981. – 126 с.

13. Денисенко В.В., Байков О.Н., Дорошенко Г.И. Прогибомер ПСКТ-3 для измерения осадок грунтов и конструкций // Отчет о НИОКР по теме № 24/83 Госстроя РСФСР. – Краснодар: СевКавТИСИЗ, 1983. – 116 с.

REFERENCES

1. Avt. sv. SSSR № 294095 G01n 3/08. Tenzometricheskiy shtamp / Vasilchenko A.S., Gilman Ya.D. // Otkrytiya. Izobreteniya. Promyshlennye obraztsy, 1971, № 6.

2. Avt. sv. SSSR № 746034 E02D 1/00. Ustroystvo dlya ispytaniya gruntov / Evdokimov P.D., Shiryaev R.A., Karpov N.M. i dr. // Otkrytiya. Izobreteniya. Promyshlennye obraztsy, 1980, № 25.

3. Avt. sv. SSSR № 1511332 E02D 1/00. Shtamp dlya nagruzheniya grunta / Zelenyy P.V., Boykov V.N., Rudelson V.G. i dr. // Otkrytiya. Izobreteniya, 1989, № 36.

4. Avt. sv. SSSR № 256321 G01L. Ustanovka dlya ispytaniya grunta staticheskoy nagruzkoy / Malevanny A.A. // Otkrytiya. Izobreteniya. Promyshlennye obraztsy, 1969, № 34.

5. Patent na izobretenie RF № 2594954 E02D 1/00, G01N 3/08. Tenzometricheskii shtamp / Lyashenko P.A., Denisenko V.V., Gokhaev D.V. i dr. // Izobreteniya. Poleznye modeli, 2016, № 23.

6. Patent na izobretenie RF № 2561433 E02D 1/00. Sposob ispytaniya gruntovogo osnovaniya shtampom / Denisenko V.V., Lyashenko P.A. // Izobreteniya. Poleznye modeli, 2015, № 24.

7. Osennyya A.V., Budagov I.V., Denisenko V.V., Zheltko Ch.N., Kononenko V.N., Kravchenko E.V., Pinchuk A.P., Khakhuk B.A. Monitoring obektov nedvizhimosti na primere munitsipalnykh obrazovaniy Krasnodarskogo kraia // Otchet o NIR po teme № 01201152081 Minobrnauki Rossii. – Krasnodar: KubGTU, 2015. – 33 s.

8. Patent na izobretenie RF № 2548063 E02D 1/00, G01N 19/00. Ustroystvo dlya ispytaniya gruntov / Denisenko V.V., Lyashenko P.A., Semenets A.V. i dr. // Izobreteniya. Poleznye modeli, 2015, № 10.

9. Avt. sv. SSSR № 1366602 E02D 33/00. Ustroystvo dlya ispytaniya gruntov statisticheskimi nagruzkami / Denisenko V.V., Baykov O.N., Antropov V.A. i dr. // Otkrytiya. Izobreteniya, 1988, № 2.

10. Denisenko V.V., Baykov O.N., Rashkovetskiy M.A. i dr. Ustroystvo dlya ispytaniya etalonnoy svai MAUES-2-4 // Otchet o NIOKR po teme № 72/84 Gosstroya RSFSR. – Krasnodar: SevKavTISIZ, 1984. – 132 s.

11. Denisenko V.V. Rekomendatsii po rezbovym soedineniyam burovykh i obsadnykh trub (R 23-3.2.13-80). – M.: PO «Stroyizyskaniya», 1980. – 48 s.

12. Denisenko V.V., Baykov O.N., Doroshenko G.I. Progibomer dlya ispytaniya gruntov staticheskimi nagruzkami PSKT-2 // Otchet o NIOKR po teme № 55/81 Gosstroya RSFSR. – Krasnodar: SevKavTISIZ, 1981. – 126 s.

13. Denisenko V.V., Baykov O.N., Doroshenko G.I. Progibomer PSKT-3 dlya izmereniya osadok gruntov i konstruktsiy // Otchet o NIOKR po teme № 24/83 Gosstroya RSFSR. – Krasnodar: SevKavTISIZ, 1983. – 116 s.

*IMPROVEMENT OF EQUIPMENT FOR DETERMINING
THE DISTRIBUTION OF REACTABLE NORMAL STRESSES OF GROUND
BASES ON THE AREA OF LOAD APPLICATION*

V.V. DENISENKO¹, P.A. LYASHENKO²

¹*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: denvivi@yandex.ru*

²*Kuban State Agrarian University,
13, Kalinina st., Krasnodar, Russian Federation, 350044,
e-mail: lyseich1@yandex.ru*

The main disadvantages of known installations for determining the distribution of reactive normal stresses of soil bases by the area of application of the load are large labor and material costs when using them. A device developed by the authors for determining the distribution of the reactive normal stresses of soil bases by the area of application of the load that allow the determination of the distribution of the reactive normal stress of the soil base at any arbitrary points along the bottom of the die and the deformation characteristics of the grounds is simplified and cheaper in testing the soil base, increase the reliability of results.

Key words: ground base, foundation of the structure, stamp, thrust system, static load, reactive stress, deformation.