

*А.И. Субботин, к.т.н., М.Г. Скибин, ассистент  
Южно-Российский государственный политехнический университет  
(Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова, Россия*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ**

*Представлен инновационный комплекс научных исследований оснований и фундаментов, основанный на тензотензорезистивном методе.*

***Ключевые слова:** тензометрические приборы, тарировка датчиков, обработка результатов.*

*А.І. Субботін, к.т.н., М.Г. Скибін, асистент  
Південно-Російський державний політехнічний університет  
(Новочеркаський політехнічний інститут) ім. М.І. Платова, Росія*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ**

*Наведено інноваційний комплекс наукових досліджень основ та фундаментів, що базується на електротензорезистивному методі.*

***Ключові слова:** тензометричні прилади, тарування датчиків, оброблення результатів.*

*A.I. Subbotin, PhD. , M.H. Skibin, assistant  
South-Russian State Technical University, Russia*

## **AUTOMATION OF EXPERIMENTAL STUDY OF BASES AND FOUNDATIONS**

*It is presented the innovation complex of scientific study of foundations, which based on tensometric measurement method.*

***Keywords:** tensometric devices, taring sensors, analysis of the results.*

**Введение.** Основным и более достоверным способом изучения поведения оснований и фундаментов являются экспериментальные исследования. С развитием техники и методики экспериментов нам удаётся всё глубже проникнуть в сущность этих процессов и, как результат, использовать эти сведения в развитии теории расчёта.

Экспериментальные исследования всегда имели приоритетный характер при рассмотрении поведения оснований фундаментов. Необходимость получения более достоверной информации о поведении основания повлекла за собой дальнейшее развитие и совершенствование методики и техники экспериментальных исследований, привлечение современной информационной поддержки.

Техника экспериментальных исследований сложна тем, что она производится или на натурном объекте или на модели. В любом случае, получение какой-либо информации связано с большими затратами по устройству объекта или изготовлению модели, применением дорогостоящих приборов и материалов, выбором технологии и средства проведения

эксперимента. Именно поэтому результаты экспериментальных исследований так скрупулёзно изучаются исследователями, являясь ценнейшим банком данных в развитии теории расчётов.

Проведение экспериментальных исследований преследует несколько целей. Главной целью таких исследований является создание модели реальной картины взаимодействия сооружения и грунтового массива. После этого можно говорить, что полученные в результате эксперимента данные о напряженно-деформированном состоянии (НДС) основания являются отражением процессов, протекающих в основании сооружения.

**Обзор последних источников исследований и публикаций.** Многочисленные экспериментальные исследования, проведенные на кафедре промышленного, гражданского строительства, геотехники и фундаментостроения (ПГСГиФ) ЮРГПУ (НПИ), подчинялись определенной методике проведения эксперимента [1]. Она объединила законы и принципы моделирования и позволила изучить закономерности изменения НДС основания и моделей фундаментов в процессе нагружения от малых до предельных по прочности основания нагрузок в условиях пространственной, осесимметричной и плоской задач [2]. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории оснований и фундаментов кафедры ПГСГиФ на испытательной машине МФ-1 конструкции Ю.Н. Мурзенко.

**Выделение не решенных прежде частей общей проблемы.** Основным недостатком экспериментальных исследований во многих случаях является трудоёмкость операций по их подготовке и последующая обработка результатов.

**С целью** развития экспериментальных исследований НДС конструкций и грунтовых оснований электротензорезистивным методом разработан программный комплекс «Система обработки тензометрических измерений» (СОТИ) (рис. 1). Программный продукт внедрен в лаборатории кафедры ПГСГиФ ЮРГТУ(НПИ).

**Основной материал и результаты.** Методика исследований предусматривает использование вторичной измерительной техники и различных тензометрических датчиков для изучения необходимых параметров НДС конструкций или их систем. В лабораторных условиях помимо тензометрического оборудования, необходимы модели изучаемых конструкций и основания, нагрузочное устройство, градировочное оборудование для датчиков и устройство сопряжения тензометрического оборудования с компьютером.

«СОТИ» позволяет объединить все элементы лаборатории и этапы эксперимента и даёт возможность проведения экспериментов в реальном масштабе времени с автоматизированным анализом результатов.

Методика экспериментальных исследований с использованием «СОТИ» включает следующие этапы:

1. Создание базы приборов.

2. Тарировка приборов.
3. Создание схемы эксперимента.
4. Проведение эксперимента.
5. Анализ результатов.
6. Документирование и создание отчета.

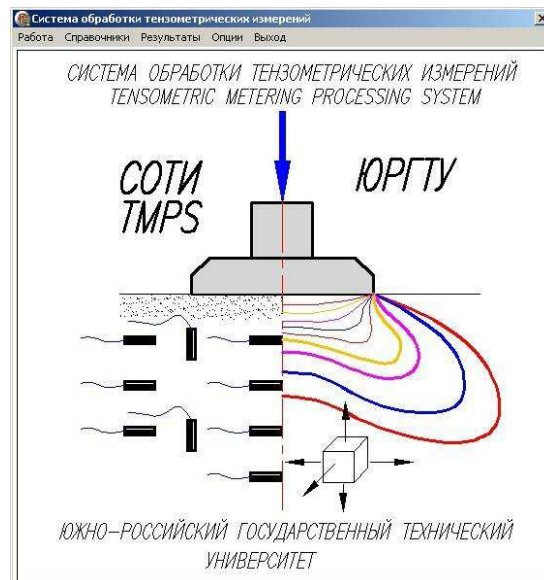


Рис.1. Интерфейс программы «СОТИ»

На первом этапе экспериментальных исследований создается база приборов, в которую должно входить все первичное тензометрическое измерительное оборудование, используемое в эксперименте. Для этого в программе имеется справочник приборов, в который вносят номера датчиков, указывают их основные характеристики, тип и модель. Таким образом, все первичное оборудование классифицируется.

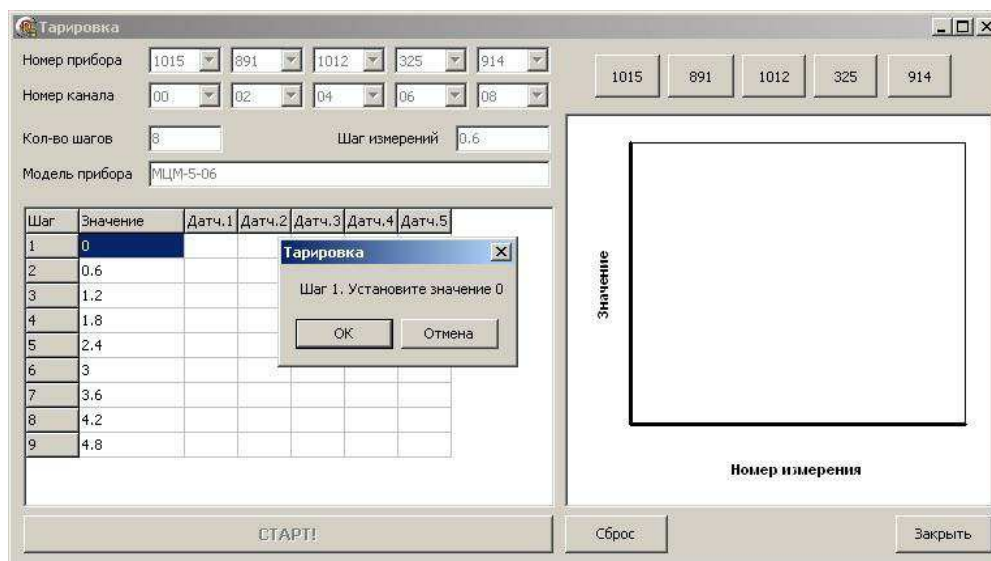


Рис. 2. Окно «Тарировка»

Следующим этапом является тарировка датчиков. Программа позволяет вести одновременную тарировку пяти приборов.

Окно тарировки содержит основные характеристики прибора, согласно номенклатуре, занесенной в справочник приборов, а по окончании тарировки – результаты в табличном и графическом виде (рис. 2).

Данные по тарировке датчиков необходимы для расшифровки и анализа результатов измерений, полученных в процессе эксперимента.

Следующий этап – создание схемы эксперимента – предполагает подготовку схемы расположения датчиков, создание списка используемых в данном эксперименте датчиков, указание положения сечений, по которым строятся эпюры и изополя при анализе результатов эксперимента (рис. 3).

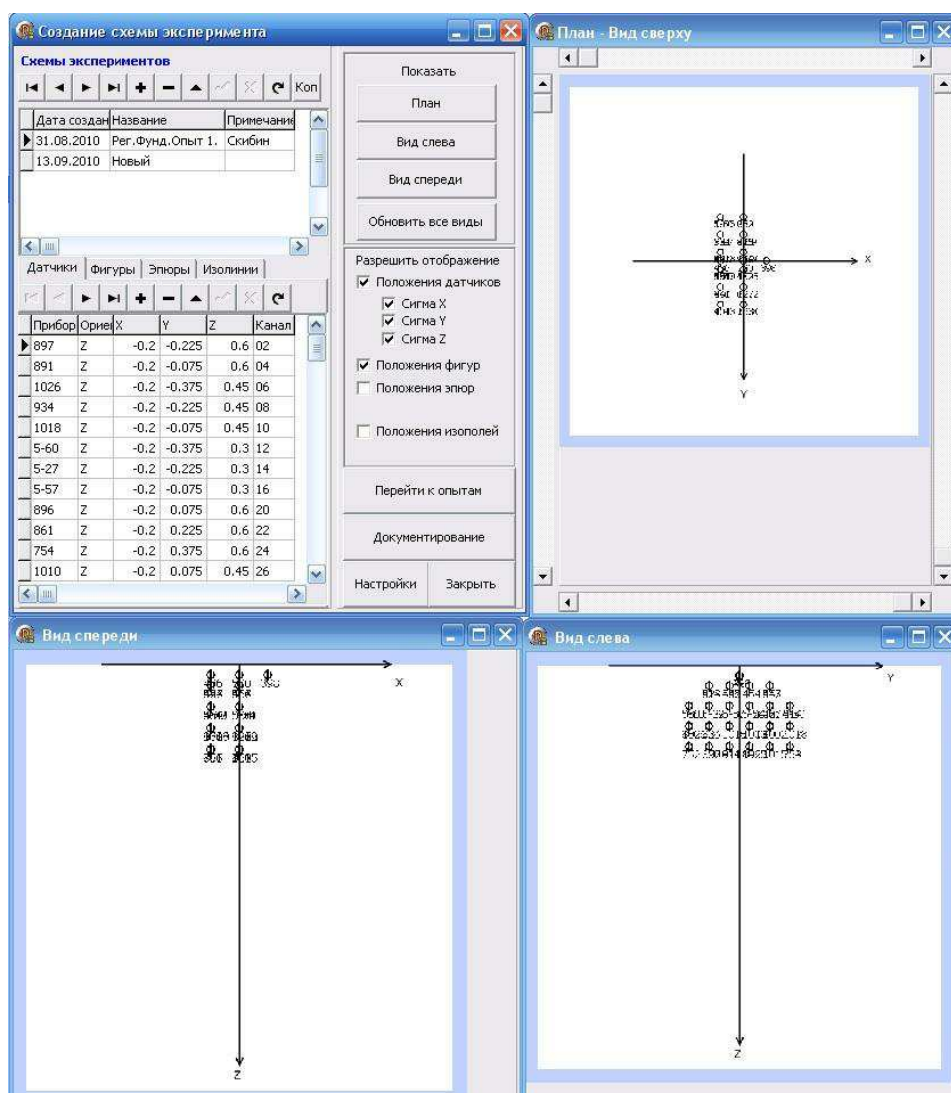
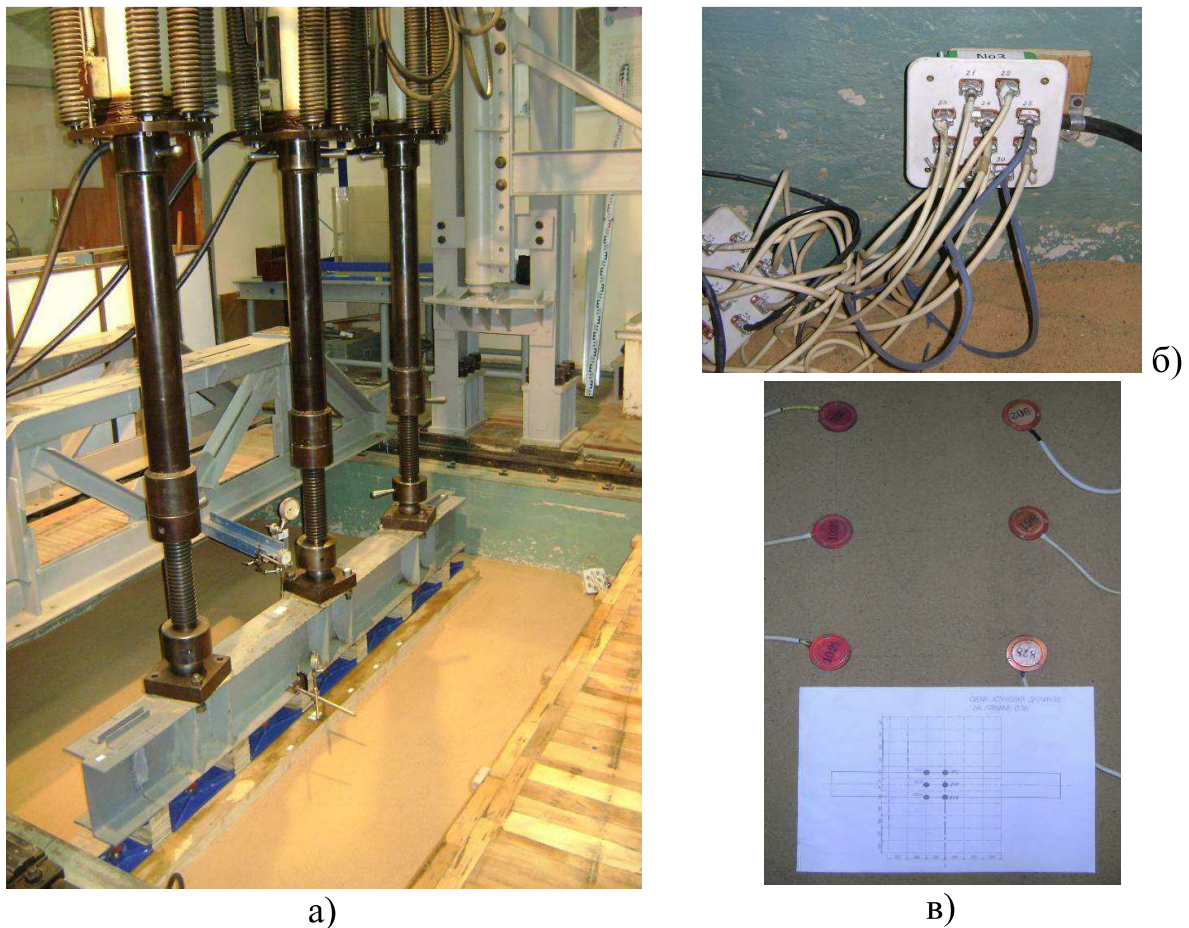


Рис. 3. Окно «Создание схемы эксперимента»

Окно «Создание схемы эксперимента» содержит пять основных полей: схема эксперимента, компоненты схемы, панель визуализацией и панель управления и перехода в режим проведения

эксперимента, документирования. После создания схемы эксперимента необходимо подготовить всё оборудование к проведению эксперимента. Установить датчики согласно схемам эксперимента, модель фундамента; привести нагружающие устройства в рабочее положение; установить другое измерительное оборудование (прогибомеры, мессуры) (рис. 4).



*Рис. 4. Подготовка эксперимента:  
а) установка модели; б) подключение датчиков; в) установка датчиков*

Проведение экспериментальных исследований выполняется на следующем этапе работы с программным комплексом при помощи соответствующего окна (рис. 5). Окно «Проведение эксперимента» содержит протокол измерений на каждом этапе исследований (этапе нагружения) и общий протокол измерений, который заполняется для каждого этапа. Эти этапы фиксируются с заданными параметрами: усилия, времени проведения и названия.

Анализ результатов производится в соответствующей вкладке, запускаемой из подменю «Работа». Окно анализа результатов (рис. 6) содержит результаты измерений и обработки их данных, информацию по приборам, используемым в рассматриваемом эксперименте, и графические окна для вывода эпюр и изолиний (план, вид спереди, вид слева).



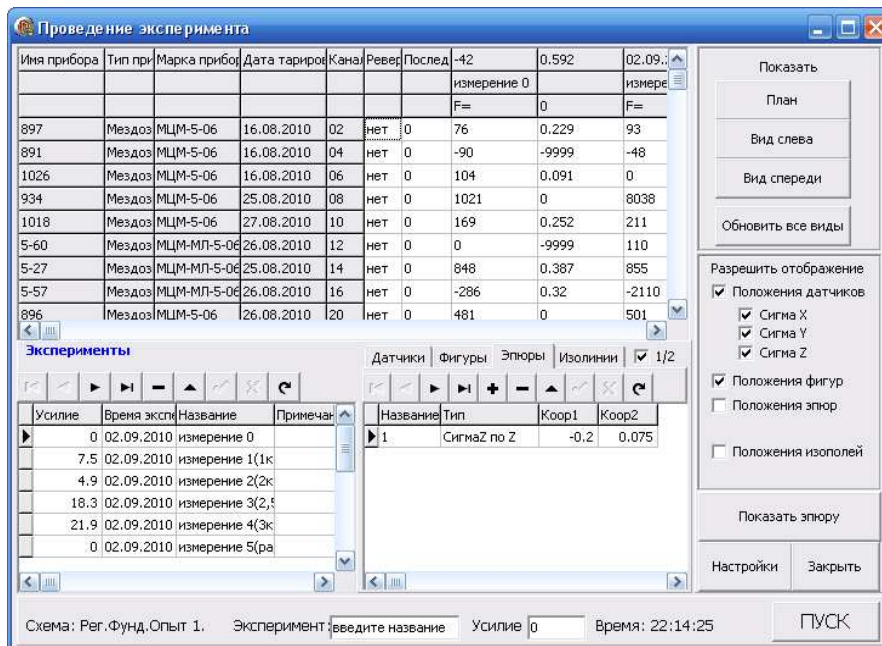


Рис. 5. Окно «Проведение эксперимента»

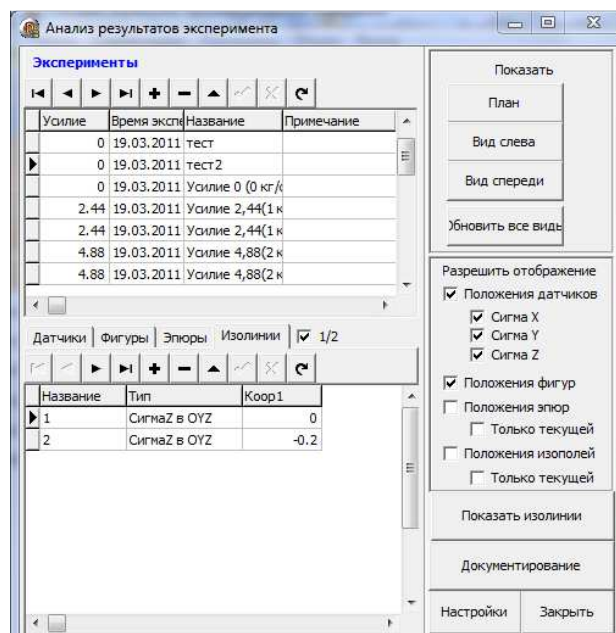


Рис. 6. Окно «Анализ результатов эксперимента»

На рис.7–9 представлены экспериментальные данные изолиний нормальных вертикальных напряжений в основании модели фундамента на различных этапах нагружения, полученные с помощью графического приложения программного комплекса «СОТИ».

В случае, если в процессе проведения экспериментов появляются некорректные данные, связанные с повреждением датчика или отсутствием сигнала, которые влияют на правильность полученных результатов, в программе реализована возможность корректировки результатов экспериментов.

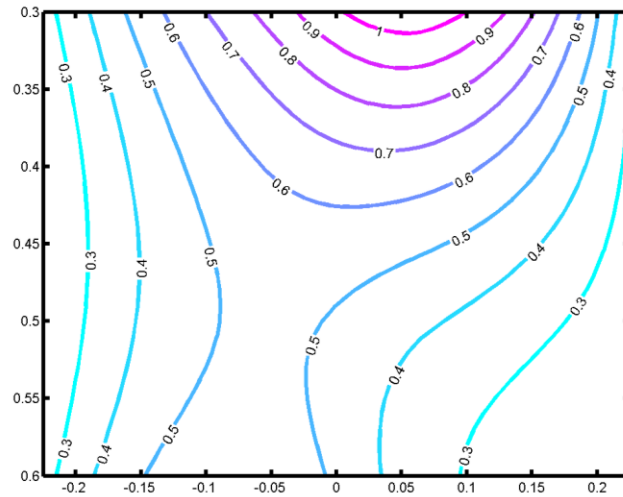


Рис. 7. Изолинии нормальных вертикальных напряжений в основании модели фундамента при давлении по подошве  $1 \text{ кг/см}^2$

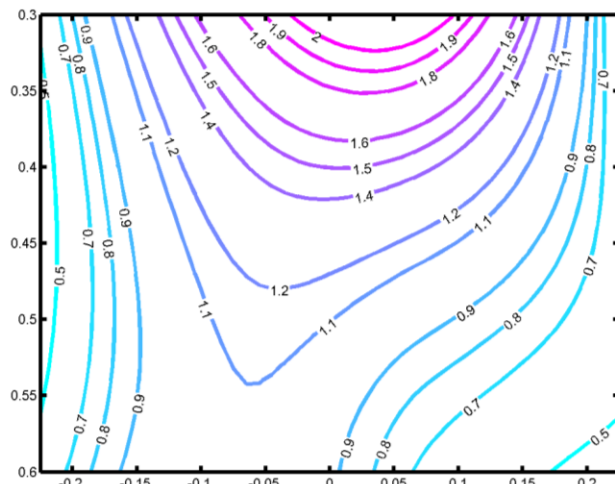


Рис. 8. Изолинии нормальных вертикальных напряжений в основании модели фундамента при давлении по подошве  $2 \text{ кг/см}^2$

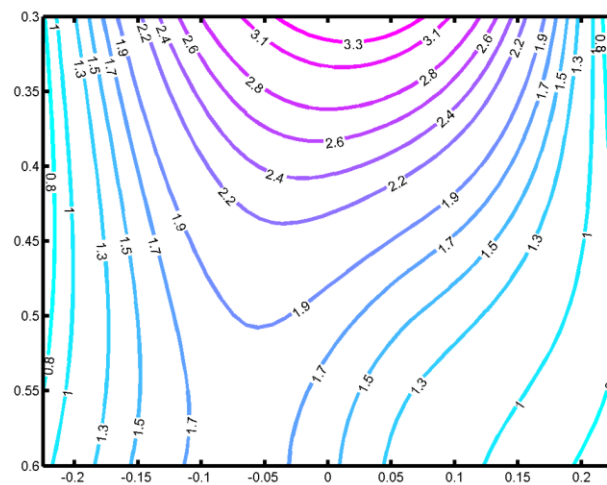


Рис. 9. Изолинии нормальных вертикальных напряжений в основании модели фундамента при давлении по подошве  $3,3 \text{ кг/см}^2$

Редактор позволяет выполнить анализ ранее выполненных исследований, результаты которых хранятся в базе данных, и воспроизвести эпюры и изополя для анализа НДС испытываемой модели.

На последнем этапе программа помогает формировать отчет по проведенным исследованиям с помощью функции документирования. Все результаты исследований экспортируются в HTML-файл в виде таблиц, схем и графических объектов.

**Выводы.** Программа «СОТИ» в комплексе с системой научных исследований оснований и фундаментов на моделях прошла положительное тестирование при проведении экспериментов в лаборатории кафедры ПГСГиФ ЮРГПУ (НПИ).

Внедрение автоматизации в экспериментальные исследования позволяет оптимизировать все их этапы, сократить время анализа результатов и математической обработки данных. К тому же в условиях натурального эксперимента автоматизация позволяет создавать системы геотехнического мониторинга.

#### *Литература*

1. Мурзенко, Ю.Н. Основные принципы моделирования совместной работы фундаментов и песчаного основания / Ю.Н. Мурзенко // *Экспериментальные исследования инженерных сооружений: Материалы ко II симпозиуму (Ленинград, сентябрь, 1969 г.)*. – Новочеркасск, 1969. – С. 85–93.

2. Мурзенко, Ю.Н. Методика экспериментальных исследований совместной работы фундаментов и сжимаемого основания при статической нагрузке / Ю.Н. Мурзенко // *Экспериментальные исследования инженерных сооружений: Материалы ко II симпозиуму (Ленинград, сентябрь, 1969 г.)*. – Новочеркасск, 1969. – С. 12–21.

*Надійшла до редакції 25.09.2013  
© А.І. Субботін, М.Г. Скибін*