

**В. В. Грузин, д-р техн. наук, проф.;** **А. В. Грузин, канд. техн. наук, доц.**  
«КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГОУ ВПО «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Караганда, Казахстан; Омск, Россия

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ГРУНТ**

Разработаны методики расчёта параметров лабораторного стенда и проведения экспериментальных исследований ударного воздействия модели на грунт с помощью скоростной видеосъёмки. Исследовано изменение скорости модели в грунте.

Современное развитие строительной отрасли базируется на поиске новых прогрессивных технологий локального уплотнения грунтов, которое бы обеспечивало достижение требуемых характеристик строительных свойств, в том числе и в сложных инженерно-геологических условиях, с меньшими материальными, финансовыми и временными затратами [1]. Несмотря на значительный многолетний опыт подготовки грунтовых оснований инженерных сооружений уплотнением, на значительный объём теоретических и экспериментальных данных, в настоящее время отсутствует единый подход в описании характера изменения строительных свойств грунта в зависимости от прилагаемых динамических нагрузок.

Всё это обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований, связанных с отработкой технологий формирования направленных уплотнённых зон в грунте, уточнением закономерностей влияния динамических характеристик и геометрии рабочего органа на характер его взаимодействия с грунтом и разработкой более совершенных моделей грунтов. Современный уровень развития бесконтактных методов регистрации динамических параметров исследуемых объектов и программно-аппаратных средств позволяет выйти на качественно новый уровень обеспечения точности и достоверности экспериментальных данных при исследовании технологических процессов локального уплотнения грунта.

В ходе выполненных исследований были разработаны методики расчёта технических характеристик и линейных параметров оборудования, входящего в состав лабораторного стенда, проведения экспериментальных исследований воздействия модели на грунт и обработки полученных результатов (см. рис. 1) [2].

На начальном этапе исследований на основе выработанного перечня требований к порядку и условиям проведения экспериментальных исследований, была разработана методика расчёта требуемых технических характеристик и линейных параметров лабораторного стенда.

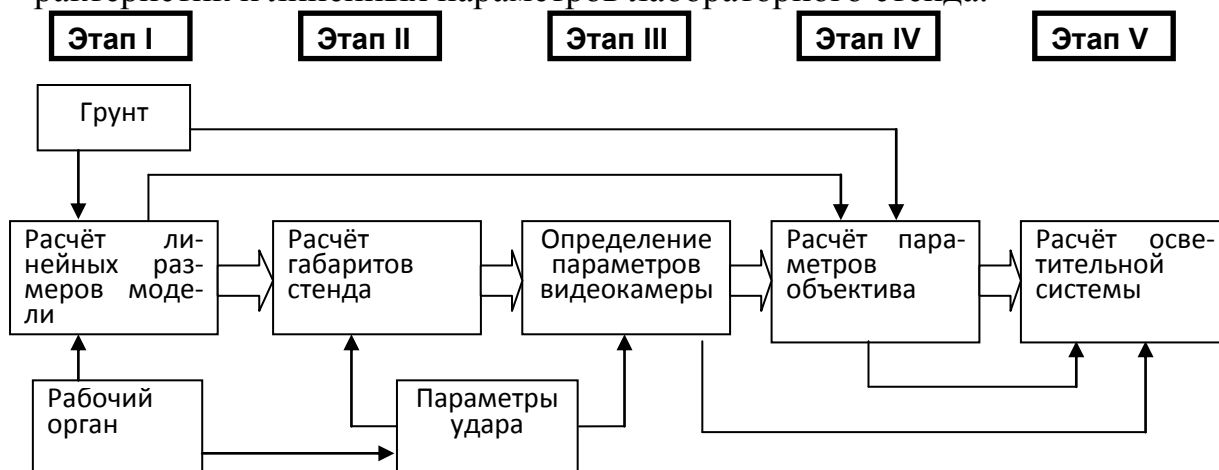


Рис. 1. Последовательность выбора и расчета параметров моделей, стенда и специализированного оборудования для скоростной съемки ударного воздействия модели на грунт

Исходными данными для расчётов послужили гранулометрические и оптические характеристики используемого в экспериментальных исследованиях грунта, а так же массогабаритные параметры модели.

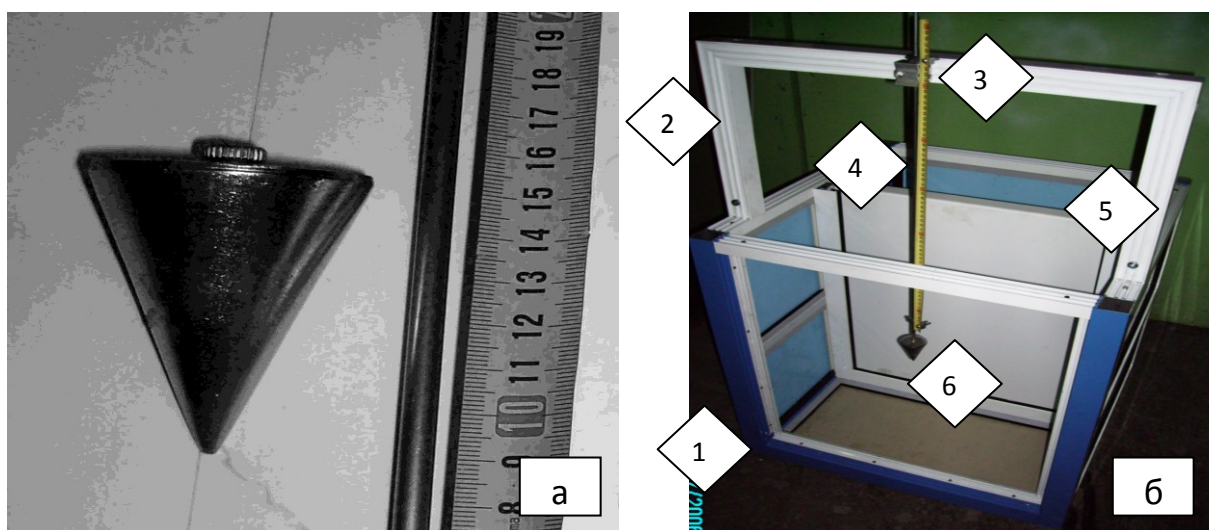


Рис. 2. Модель конической формы (а) и конструкция лабораторного стенда (б): 1 – корпус; 2 – репер; 3 – крепление направляющей; 4 - направляющая; 5 – подвижный экран; 6 – модель РО

Использование разработанной методики позволило поэтапно определить линейные размеры модели и стенда (см. рис. 2), а также рассчитать

характеристики скоростной видеокамеры, объектива и осветительного устройства для съёмки процесса погружения модели в грунт (см. рис. 3).

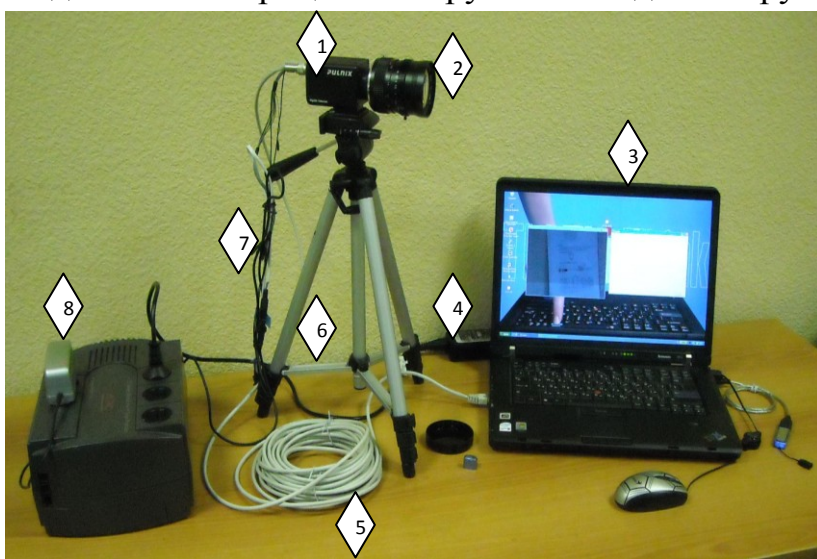
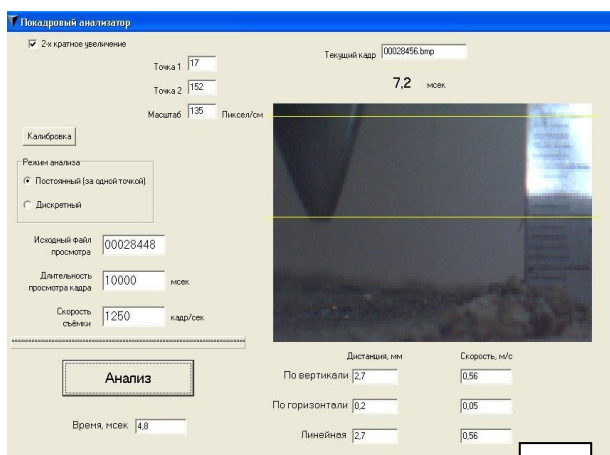
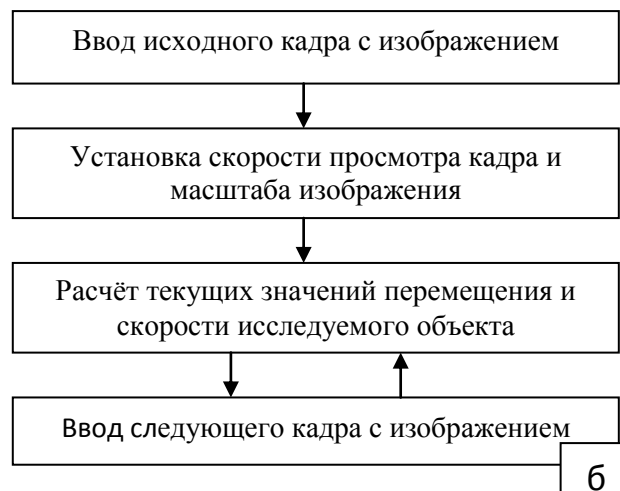


Рис. 3. Общий вид оборудования: 1 – скоростная видеокамера TMC-6740GE; 2 – объектив Navitar DO-5095; 3 – ноутбук Lenovo Z61m; 4 – силовой кабель ноутбука; 5 – интерфейсный кабель cat5e; 6 – штатив; 7 – силовой кабель видеокамеры; 8 – источник автономного питания

В качестве грунта был выбран песок средней крупности. На основании выполненных расчётов для регистрации динамики воздействия модели на грунт была выбрана скоростная видеокамера TMC-6740GE с объективом Navitar DO-5095. Данная видеокамера в зависимости от размера кадра обеспечивает получение требуемой для эксперимента скорости съёмки технологического процесса до 1250 кадров/с. Характеристики выбранного для видеокамеры объектива позволяют производить съёмку с линейным разрешением в поле зрения не менее 0,28 мм (в центре максимально – до 0,07 мм).



а



б

Рис. 4. Окно программы с визуализацией экспериментальных исследований и анализом обработки результатов (а) и структурная схема последовательности обработки данных экспериментальных исследований (б)

Для обработки полученных видеок кадров был разработан специальный программный продукт «Покадровый анализатор» (см. рис. 4, а). Последовательность обработки результатов экспериментальных исследований и анализа полученных изображений с помощью созданного программного продукта представлена на рисунке 4 (б) в виде блок-схемы последовательности выполнения операций.

Обработка полученных видеок кадров позволила получить данные об изменении глубины погружения и скорости конической модели в грунте (см. рис. 5). В ходе экспериментальных исследований была выполнена оценка интегральной ошибки методики проведения эксперимента и обработки полученных результатов путём определения величины ускорения свободного падения. Максимальное значение интегральной ошибки составило величину порядка 1,4 %.

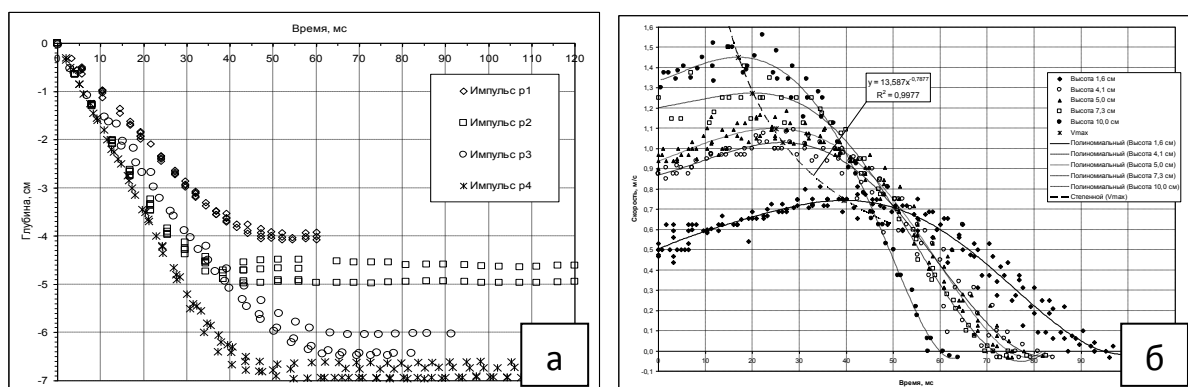


Рис. 5. Изменение глубины погружения (а) и скорости движения (б) модели в грунте для различных высот сброса

На примере ударного воздействия на грунт конической модели, сброшенной с высоты 0,05 м, был выполнен сравнительный анализ полученных аналитических и экспериментальных данных (см. табл. 1) [3].

Табл. 1. Теоретические данные и данные аппроксимации скорости модели в грунте для высоты сброса 0,05 м

Время, мс	Теоретическая скорость $V_{Teop}$ , м/с	Аппроксимация скорости $V_{An}$ , м/с	$\frac{ V_{An} - V_{Teop} }{V_{An}} \cdot 100\%$
10	1,034	1,027	0,8
20	1,098	1,091	0,7
30	1,093	1,084	0,9
40	0,996	0,979	1,7
50	0,777	0,747	4,0
60	0,462	0,688	9,8
70	0,070	0,097	8,7

Как видно из приведённых в таблице данных, имеет место удовлетворительная сходимость полученных теоретических и экспериментальных результатов.

## Выводы

1. Разработаны методики расчёта технических характеристик и линейных параметров экспериментального оборудования и проведения экспериментальных исследований динамики ударного воздействия конической модели на грунт.

2. Разработанный программный продукт «Покадровый анализатор» позволяет проводить обработку полученных видеок кадров с получением данных о глубине и скорости погружения модели в грунт в автоматизированном режиме.

3. Проведённые экспериментальные исследования подтвердили корректность разработанных методик. Интегральная ошибка проведения эксперимента составила величину, не превышающую 1,4%. В ходе экспериментальных исследований были достигнуты требуемые значения временного (0,001 с) и пространственного разрешения (0,1 мм).

4. Использование скоростной видеосъёмки быстротекущих процессов позволяет выйти на качественно новый уровень обеспечения точности и достоверности экспериментальных данных при исследовании технологических процессов локального уплотнения грунта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология и механизации строительства // Под общей редакцией В. В. Грузина. – Караганда : «Болашак-Баспа», 2002. – 264 с.

2. **Грузин, А. В.** Обоснование параметров и создание экспериментального стенда для исследований ударного воздействия штампа с грунтовой средой / А. В. Грузин, В. В. Грузин // Актуальные проблемы современности. – 2007. – №1 (14). – С.297–302.

3. **Грузин, А. В.** Грунтовые среды в условиях статического и динамического нагружения : монография / А. В. Грузин, В. В. Грузин, Э. А. Абраменков. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2009. – 140 с.