

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК программного обеспечения «К-Лаб.Про»

1. Назначение программного обеспечения

Программное обеспечение «К-Лаб.Про» (далее — ПО) предназначено для автоматизации лабораторных испытаний грунтов: управления лабораторным испытательным оборудованием, регистрации хода испытания, камеральной обработки результатов и подготовки инженерных протоколов в соответствии с действующей нормативной базой Российской Федерации.

ПО обеспечивает работу инженерно-геологической лаборатории в единой цифровой среде: от выбора образца и настройки методики испытания до расчёта показателей прочности и деформируемости грунта и формирования отчётных материалов.

Целевая аудитория: инженерно-геологические лаборатории, испытательные центры, проектные и изыскательские организации, научно-исследовательские подразделения, учебные лаборатории строительного и геотехнического профиля.

2. Область применения и решаемые задачи

- проведение лабораторных испытаний грунтов на автоматизированных установках (силовые рамы, волюметры, датчики давления и деформации) под управлением ПО;
- непрерывная регистрация измеряемых величин в ходе испытания и их сохранение в базе данных;
- камеральная обработка записей испытаний и расчёт нормируемых характеристик грунта;
- автоматизированный контроль качества полученных данных;
- ведение библиотеки объектов, скважин, монолитов, образцов и испытаний;
- формирование отчётных материалов и протоколов испытаний.

3. Реализованные виды испытаний

ПО поддерживает следующие виды лабораторных испытаний грунтов с указанием нормативного документа, определяющего методику:

Вид испытания	Нормативный документ
Одноплоскостной срез	ГОСТ 12248.1-2020
Трёхосное сжатие (схемы НН, КН, КД)	ГОСТ 12248.3-2020
Компрессионное сжатие	ГОСТ 12248.4-2020
Компрессионное сжатие мерзлых грунтов	ГОСТ 12248.10-2020
Определение характеристик просадочности	ГОСТ 23161-2012
Динамические свойства дисперсных грунтов	ГОСТ Р 56353-2022
Общие положения лабораторных испытаний	ГОСТ 30416

4. Основные функциональные возможности

4.1. Управление испытанием и автоматизация

- ручные и автоматизированные сценарии нагружения с контролем стадий испытания;
- работа со ступенями давления, деформации и времени;
- последовательное управление стадиями трёхосного испытания: реконсолидация, изотропная консолидация, анизотропная консолидация по линии K_0 , водонасыщение противодавлением с проверкой по параметру Скемптона (В-тест), девиаторное нагружение;
- циклы разгрузки и повторного нагружения для определения модуля E_{ur} (настраиваемые границы девиатора, число циклов, скорости, целевая деформация);
- учёт схем испытания НН (UU), КН (CU) и КД (CD) со связанным набором стадий;
- сохранение параметров испытания в шаблоны повторяемых методик;
- режим симуляции для обучения персонала и проверки методики без подключения приборов.

4.2. Расчёт характеристик прочности и деформируемости

- угол внутреннего трения и удельное сцепление, в том числе в эффективных напряжениях;
- модуль деформации E по ГОСТ 12248.3 (секущий, по двум точкам девиатора), E_{50} , E_0 ;
- модуль разгрузки и повторного нагружения E_{ur} ;
- угол дилатансии;
- коэффициент Пуассона, модули сдвига и объёмного сжатия;
- параметр m нелинейной модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil) по серии опытов;
- компрессионные характеристики и модули деформации в заданных интервалах давления;
- показатели просадочности, включая начальное просадочное давление;
- динамические модули, характеристики демпфирования и параметры циклического поведения;
- построение кругов Мора и обработка серии образцов при разных обжимающих давлениях.

4.3. Учёт методических поправок

- поправка на изменение площади поперечного сечения образца при осевой деформации свыше 2 процентов, отдельно для дренированной и недренированных схем;
- расчёт относительной вертикальной деформации от высоты образца после консолидации с переключателем совместимости со старыми протоколами;
- поправка на армирующее действие эластичной оболочки с настройкой толщины и модуля материала;
- автоматическое детектирование момента контакта штока со штампом с компенсацией усилия от камерного давления;
- выделение участков разгрузки и повторного нагружения на кривой «напряжение — деформация»;
- расчёт характеристик по заданным нормативным интервалам давлений.

4.4. Автоматический контроль качества данных

ПО выполняет диагностику записи испытания по набору формализованных правил и сопровождает результат обработки перечнем замечаний. Контролируются, в частности:

- люфт между штоком и штампом и некорректная начальная зона нагружения;
- остановка испытания до достижения нормативной деформации;
- недостижение пикового значения девиатора;
- резкие скачки и падения измеряемых величин;
- отсутствие изменения объёмной деформации в дренированной схеме и порового давления в недренированной схеме — признак неисправности датчика или нарушения герметичности;
- недостаточный объём данных для корректной обработки.

Замечания сохраняются вместе с результатами обработки, что позволяет инженеру проверить достоверность данных до включения их в отчёт.

4.5. Библиотека испытаний и хранение данных

- структурированная библиотека объектов, скважин, монолитов, образцов и испытаний;
- хранение исходных записей испытаний, параметров образцов, результатов обработки и истории расчётов;
- локальная база данных на рабочем месте, а также сетевая конфигурация с общей базой для нескольких рабочих мест лаборатории;
- миграция схемы базы данных между версиями ПО;
- сериализация результатов обработки в машиночитаемом формате для повторного просмотра и проверки расчёта.

4.6. Отчётность

- формирование протоколов испытаний по настраиваемым шаблонам;
- построение графиков и таблиц результатов;
- вывод ключевых расчётных характеристик в отчётные формы;
- экспорт отчётных материалов в форматы PDF и Office Open XML.

4.7. Эргономика и эксплуатационные свойства

- полностью русскоязычный интерфейс пользователя;
- встроенные подсказки по подготовке прибора перед ответственными операциями и виртуальный помощник;
- единые формы настройки испытаний и визуальный контроль текущих значений;
- автоматическое сохранение данных в ходе испытания;
- работа с несколькими типами приборов, учёт дат поверки оборудования;
- разграничение рабочих сценариев для исполнителя испытания и специалиста по обработке.

4.8. Роли рабочих мест

Программное обеспечение поддерживает два варианта рабочего места. Вариант выбирается при установке программного обеспечения и определяет состав доступных пользователю функций:

- Испытатель — рабочее место оператора испытаний. Доступен полный функционал: управление лабораторным испытательным оборудованием, проведение испытаний, ведение библиотеки испытаний, обработка результатов, формирование протоколов, журнал испытаний и настройки программы;

- Геолог — камеральное рабочее место. Доступны ведение библиотеки испытаний, просмотр и импорт записей испытаний, обработка результатов и формирование протоколов; функции управления лабораторным оборудованием на таком рабочем месте не отображаются.

Выбранный вариант рабочего места отображается в заголовке главного окна программы. Разделение рабочих мест позволяет лаборатории развести работу оператора испытаний и специалиста по камеральной обработке, сохранив единую библиотеку испытаний.

5. Результат применения

Применение ПО объединяет управление испытанием, регистрацию измерений, автоматизированную обработку и подготовку отчётных материалов в единой программе, что сокращает объём ручных операций, снижает вероятность ошибок обработки и обеспечивает сопоставимость результатов между сериями испытаний.

6. Нормативные документы

При реализации методик испытаний и обработки результатов использованы:

- ГОСТ 30416 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения»;
- ГОСТ 12248.1-2020 «Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза»;
- ГОСТ 12248.3-2020 «Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трёхосного сжатия»;
- ГОСТ 12248.4-2020 «Грунты. Определение характеристик деформируемости методом компрессионного сжатия»;
- ГОСТ 12248.10-2020 «Грунты. Определение характеристик деформируемости мерзлых грунтов методом компрессионного сжатия»;
- ГОСТ 23161-2012 «Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности»;
- ГОСТ Р 56353-2022 «Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов»;
- СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»;
- СП 23.13330.2018 «Основания гидротехнических сооружений»;
- СП 47.13330 «Инженерные изыскания для строительства»;