

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ НА СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИХ ГРУНТАХ

В статье приводятся разработки, тематика которых посвящена двум направлениям: методу расчета транспортных сооружений на промороженном покрове (зимних переходов через болото, ледяных переправ) и обеспечению морозоустойчивости строительных конструкций с использованием пучинистого грунта. По первому направлению использованы численные методы расчета для определения несущей способности покрова. Второе направление содержит разработку нового современного лабораторного оборудования для оценки пучинистых свойств грунта, разработки по обеспечению морозоустойчивости дорожных конструкций и методам расчета малозаглубленных фундаментов.

Промороженный покров, транспортная магистраль, несущая способность покрова, численный метод, морозное пучение, оборудование для испытаний, автономная установка, морозоустойчивость, дорожная конструкция, малозаглубленный фундамент.

В статье приводятся результаты научно-исследовательских работ (НИР), выполнявшихся в течение последних 30 лет на кафедре автомобильных дорог Вологодского государственного университета (ВоГУ). Эти НИР посвящены решению актуальных вопросов строительства сооружений на сезоннопромерзающих грунтах.

В 80-х годах основное направление этих работ было посвящено совершенствованию методики проектирования дорог на промороженном покрове. К ним относятся зимние переходы через болота и ледяные переправы. Исходным материалом для выполнения данной разработки послужил опыт строительства промышленных дорог при освоении нефтяных месторождений в Западной Сибири.

Территории этих месторождений характеризуются суровыми климатическими условиями, повышенной обводненностью и заболоченностью, распространением слабых грунтов, отсутствием постоянной дорожной сети. В этих условиях на начальном этапе

освоения нефтяных месторождений повсеместное распространение получили зимние промысловые дороги, в том числе и на естественном промороженном торфяном покрове. В последующем, здесь, впервые в отечественной практике дорожного строительства, стали прокладывать транспортные магистрали, предназначенные для перемещения вышечно-лебедочного блока буровой установки с поднятой стрелой. В процессе перемещения данного блока общая масса нагрузок составляла около 180 тонн. Схема транспортировки вышечно-лебедочного блока буровой установки приведена на рис. 1.

Дальнейшее совершенствование таких магистралей было направлено на разработку технологии по устройству теплоизоляционного покрытия. Внедрение этих покрытий обеспечило эксплуатацию транспортных магистралей на промороженном торфяном покрове и в летний период.

Типовые поперечные профили дороги с продленным сроком действия приведены на рис. 2.

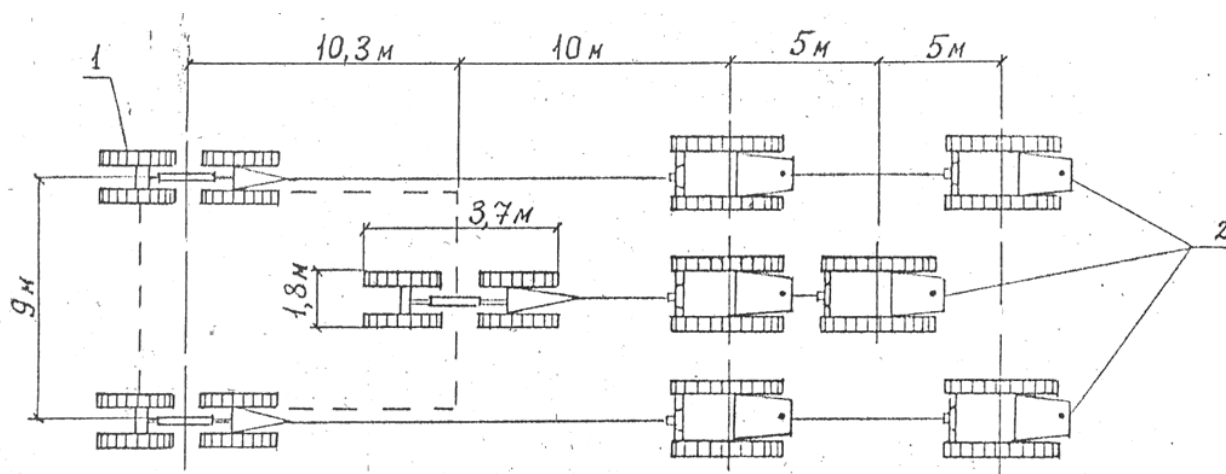


Рис. 1. Схема транспортировки вышечно-лебедочного блока буровой установки:
1 – тележка для транспортировки блока; 2 – трактор

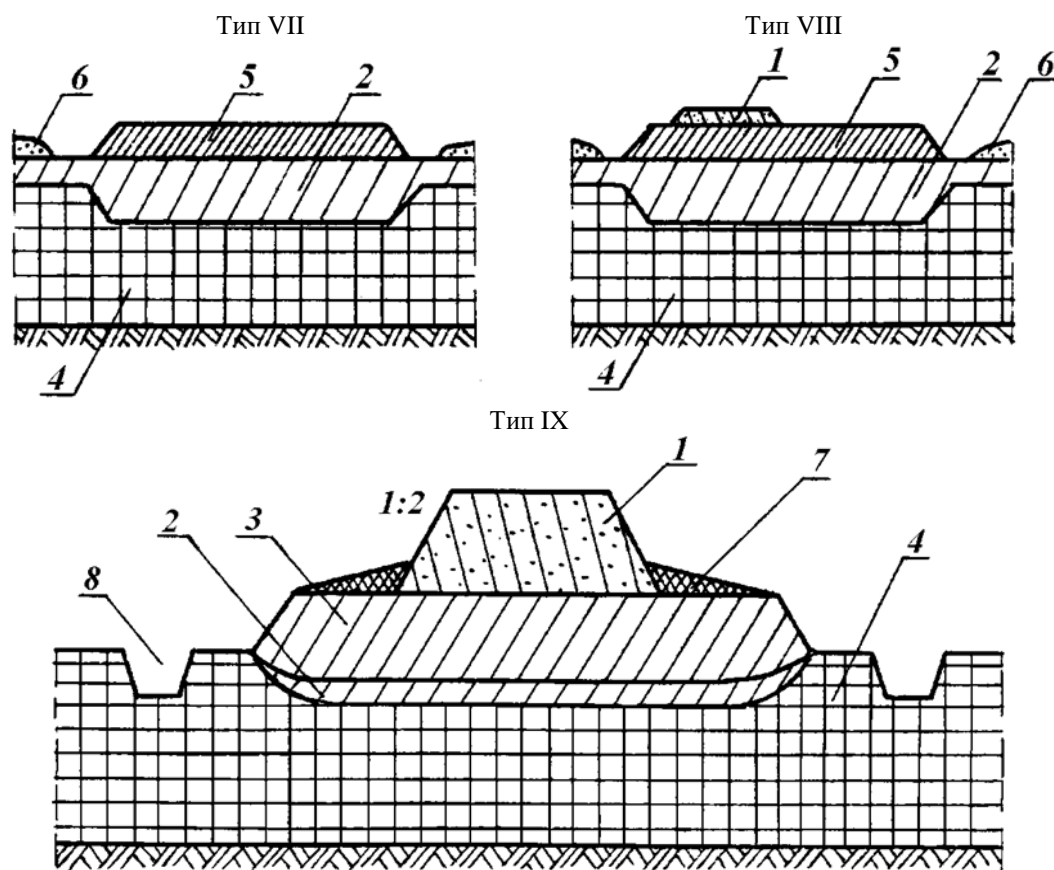


Рис. 2. Типовые поперечные профили дороги с продленным сроком действия:
 1 – насыпь из минерального грунта; 2 – промороженный покров; 3 – намороженная торфяная плита;
 4 – талый торф; 5 – изоляционное покрытие; 6 – снежный покров;
 7 – боковые теплоизоляционные призмы из торфа; 8 – боковые резервы

Выполнявшаяся в ВоГУ разработка являлась завершающим этапом исследовательской работы, предыдущие разделы которой изложены в книге вышедшей в издательстве «НЕДРА» 1980 г. [1]. В состав ее авторского коллектива помимо одного из авторов данной статьи (Г.Л. Кагана) входили д-р техн. наук С.С. Вялов (институт НИИОСП), работники Главтюменьнефтегаза – руководитель главка В.И. Муравленко, начальник отдела вышкостроения А.Н. Воевода. Данная работа посвящена вопросам, связанным с определением несущей способности промороженного торфяного покрова. В ней приведены результаты экспериментальных исследований по определению комплекса характеристик мерзлого торфа, необходимых для расчета несущей способности покрова, а также известные аналитические методы этих расчетов. Последние были разработаны применительно к расчету ледяных переправ.

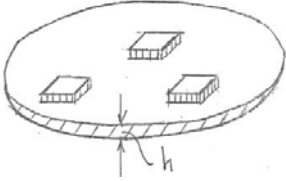
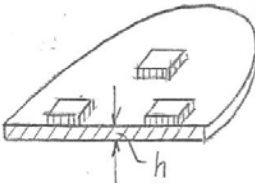
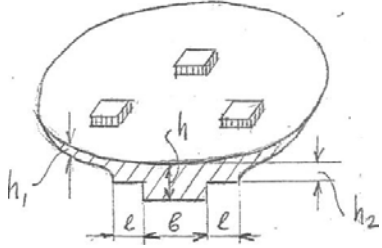
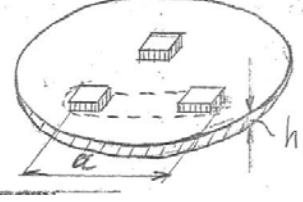
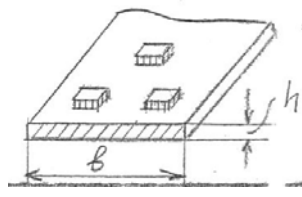
Предлагаемая методика содержит основные разделы проектирования дорог на промороженном покрове, включая технологию их строительства и особенности конструктивных решений. В разделе определения несущей способности промороженного покрова в основании дорог использован численный метод расчета с применением стандартного комплекса для ЭВМ. По сравнению с аналитическим численные методы дают возможность использовать расчетные схемы, которые в большей степени соответствуют

натурным условиям. Это позволяет обеспечить необходимую надежность расчетов, что иллюстрируется приведенными примерами.

Рассмотренные в примерах варианты расчетных схем, учитывающих особенности природного строения покрова, при транспортировке вышечно-лебедочного блока буровой установки приведены в таблице.

Материал по данной разработке был оформлен в виде учебного пособия [2]. Большой вклад в процесс работы над этим пособием внес ее рецензент д.т.н. И.А. Золотарь.

Дальнейшие разработки были посвящены вопросам строительства строительных конструкций с использованием пучинистого грунта. В связи с отсутствием стандартного лабораторного оборудования для испытания грунта на морозное пучение выполнялись НИР в этом направлении. Они завершились созданием принципиально нового лабораторного оборудования для проведения этих испытаний и изготовлением опытных образцов такого оборудования. Это оборудование предназначалось как для использования в стационарной холодильной камере, так и с применением автономного холодильного оборудования. В последнем случае комплект такого оборудования или автономной установки включал стандартный холодильный шкаф и совмещаемое с ним устройство для испытания образцов грунта на морозное пучение.

№ примера	Характеристика покрова	Схема загрузки
1	Однородный покров постоянной толщины с неограниченным простираем в плане	
2	Однородный покров постоянной толщины ограниченный трещиной	
3	Однородный покров с неограниченным простираем в плане и переменным поперечным сечением трассы дороги	
4	Неоднородный покров с неограниченным простираем в плане, подстилаемый неоднородным основанием	
5	Однородный покров в форме бесконечной полосы постоянной толщины	

Принципиальная схема устройства для испытания образцов грунта на морозное пучение приведена на рис. 3, а общий вид при испытании в стационарной холодильной камере приведен на рис. 4, а в автономной установке на рис. 5.

Новизна конструктивного решения предлагаемого оборудования подтверждена тремя патентами (№№ 2021600, 2312788, 2319145). Это оборудование по сравнению с известным имеет определенные преимущества. Так, в процессе промораживания образцов при испытаниях представляется возможным обеспечить совпадение границы промерзания с горизонтом воды в образце. Это соответствует промерзанию водонасыщенных грунтов в натуральных условиях. В технологию изготовления образцов из грунта нарушенного природного строения внесены изменения. Вместо изготовления образца с уплотнением грунта непосредственно в форме для проведения испытаний предложен другой метод.

Образец изготавливают в специальном разъемном приборе, а затем его помещают в форму для испыта-

ний. Это позволяет исключить влияние сил трения по боковой поверхности образца, которая существенно влияет на точность определения деформации морозного пучения образца в процессе испытаний. К преимуществу автономной установки относится повышенная производительность, так опытные экземпляры установки позволяли одновременно испытывать от 3 до 5 образцов.

Завершающим этапом данной разработки явилось создание в ВоГУ специализированной лаборатории для испытания грунта на морозное пучение, оснащенной новым оборудованием собственного изготовления. В состав этой лаборатории входят стационарная холодильная камера площадью 8 м², с размещенными в ней устройствами для одновременного испытаний 20 образцов, а также автономными установками, обеспечивающими одновременное испытание 16 образцов грунта. Лаборатория функционирует с начала 90-х годов и используется для проведения испытаний, выполнения НИР и в учебном процессе.

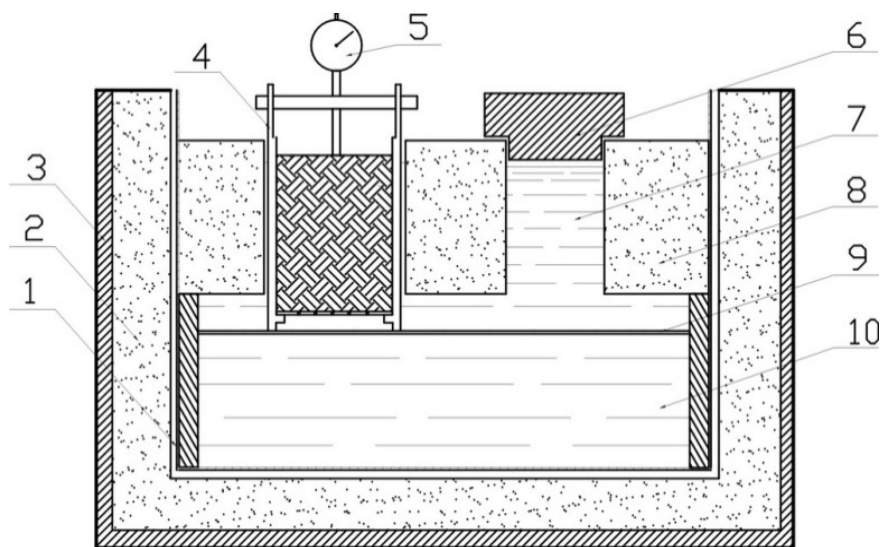


Рис. 3. Принципиальная схема устройства для испытания образцов:
 1 – резервуар, 2 – теплоизоляция, 3 – корпус, 4 – форма для образца, 5 – индикатор,
 6 – заглушка, 7 – внутренний резервуар, 8 – крышка-пластина, 9 – решетка, 10 – вода



Рис. 4. Вид устройств, расположенных в стационарной холодильной камере

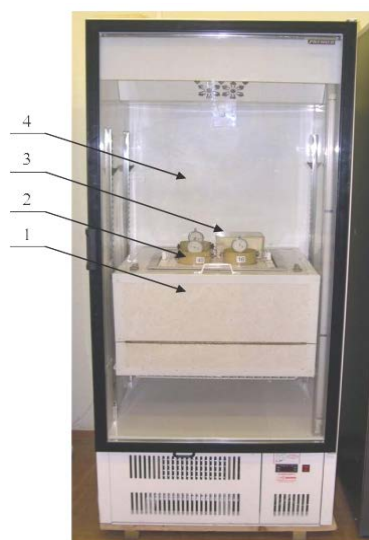


Рис. 5. Общий вид автономной установки:
 1 – устройство для испытания образцов; 2 – испытываемые образцы; 3 – заглушка; 4 – холодильный шкаф

Последующие разработки основывались на выполнении экспериментальных исследований по обеспечению морозоустойчивости дорожных конструкций. Эти исследования включали оценку пучинистых свойств грунта обработанного ионным стабилизатором и композиции грунт-гранулированный шлак.

При лабораторных испытаниях на морозное пучение образцов глинистого грунта, обработанных ионным стабилизатором фирмы «MARIROSS», установлено снижение деформации морозного пучения до двух и более раз. В дальнейшем этот стабилизатор использовался при ремонте пучиноопасных участков на одной из автомобильных дорог Вологодской области. Сотрудники лаборатории участвовали в научном сопровождении этой работы. Для обоснования выбора технологии обработки грунта земляного полотна без его удаления проводились дополнительные экспериментальные исследования. Они заключались в использовании для этих целей целевых увлажнителей.

При оценке пучинистых свойств композиции грунт-гранулированный шлак использовалась следующая ее особенность. Известно, что в таких композициях немолотый гранулированный шлак проявляет вяжущие свойства и характеризуется как медленно твердеющий материал. Исследования пучинистых свойств образцов композиции проводились в течение длительного периода времени (до 18 месяцев). График изменения деформации морозного пучения во времени в процессе твердения образцов грунтошлаковых композиций приведен на рис. 6.

Подобная композиция использовалась при строительстве окружной дороги (Обход г. Вологда).

Разработки по методике обеспечения морозоустойчивости дорожных конструкций выполнялись в 2014-2015 гг. по Государственному контракту заключенному ВоГУ с Федеральным дорожным агентством (РОСАВТОДОР). Цель этой работы состояла в разработке предложений по усовершенствованию нормативной методики расчета дорожной конструкции на морозоустойчивость.

Выполненные по данному разделу работы содержали анализ действующей нормативной методи-

ки расчета, выявление ее недостатков и рекомендации по их устранению. Было установлено, что одним из основных недостатков нормативной методики является недопустимая погрешность в определении степени морозного пучения грунта приближенным методом.

В приводимых примерах показано, что для отдельных объектов эта погрешность приводит к занижению степени пучинистости песчаного грунта до 40 % от общего объема испытываемых грунтов, а для глинистого грунта – 30%. Очевидно, что в этом случае надежность запроектированных дорожных конструкций по морозоустойчивости не будет обеспечена. Обосновывается также целесообразность исключения из нормативной методики влияния ряда факторов с помощью которых производится корректировка средней величины морозного пучения. Учет этих факторов также в ряде случаев может понизить надежность расчетов на морозоустойчивость дорожной конструкции.

Предложения по усовершенствованию нормативной методики предлагают устранить эти и другие недостатки. Авторами предложена также новая методика расчета дорожной конструкции на морозоустойчивость, основанная на использовании материалов лабораторных испытаний образцов грунта на морозное пучение.

Разработки по усовершенствованию нормативной методики проектирования малоуглубленных фундаментов выполнялись авторами в 2010 г. по гранту с правительством Вологодской области. Эти фундаменты относятся к прогрессивным конструкциям под легкие здания (1-2 этажные). Новизной предлагаемой методики является учет пространственной жесткости конструкции фундамента и использование современных программных комплексов для ЭВМ. Методика оформлена в виде проекта территориального нормативного документа по проектированию малоуглубленных фундаментов для малоэтажного домостроения на пучинистых грунтах Вологодской области.

Содержание этих разработок с необходимой подробностью изложены в разделах работы авторов [3].

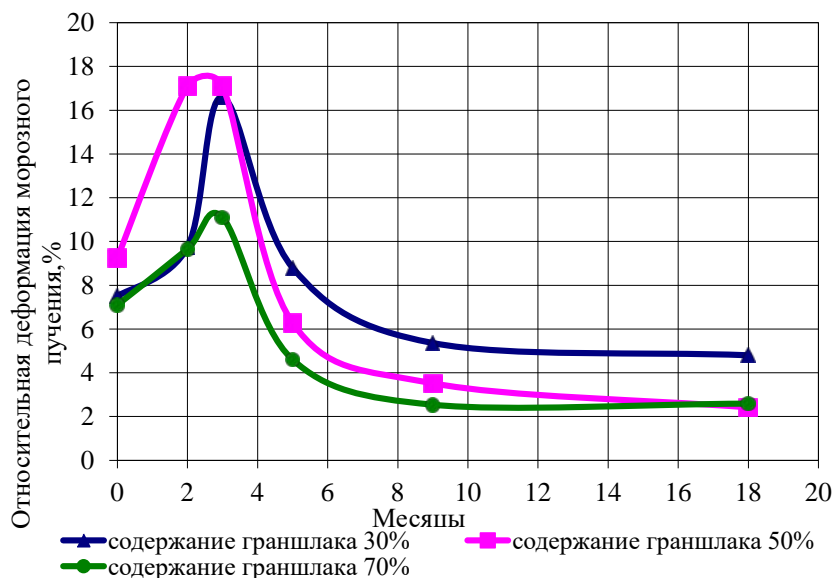


Рис. 6. Динамика пучения при твердении образцов грунтошлаковых композиций

Литература

1. Строительство промышленных сооружений на мерзлом торфе / С. С. Вялов, Г. Л. Каган, А. Н. Воевода, В. И. Муравленко. – Москва: Недра, 1980. – 140 с.

2. Каган, Г. Л. Проектирование дорог на промороженном покрове: учеб. пособие / Г. Л. Каган. – Ленинград: СЗПИ, 1990. – 82 с.

3. Каган, Г. Л. Разработки в области строительства сооружений на сезоннопромерзающих грунтах: монография / Г. Л. Каган, В. А. Шорин, А. Ю. Вельсовский. – Вологда: ВоГУ, 2016 – 184 с.

V. A. Shorin, G. L. Kagan, A. Y. Velsovsky

SCIENTIFIC DEVELOPMENT IN THE FIELD OF CONSTRUCTION OF STRUCTURES ON FROST SOILS

The article describes the approaches devoted to two areas: the method of calculation of transport constructions on frozen cover (winter swamp crossings, ice crossings) and to ensure the frost resistance of building structures with the use of heaving of the soil. In the first direction, numerical calculation methods are used to determine the bearing capacity of the cover. The second direction includes the development of a new modern laboratory equipment for assessing heaving of soil properties, development to ensure the frost resistance of road constructions and methods of calculation slightly deepened Foundation.

Frozen cover, highway transportation, load capacity cover, numerical method, frost heave, testing equipment, of-fline installation, frost resistance, road design, slightly deepened Foundation.