



Интенсивная технология при сооружении земляного полотна в криолитозоне



Таисия ШЕПИТЬКО
Taissia V. SHEPITKO

Святослав ЛУЦКИЙ
Svyatoslav Y. LUTSKY



Игорь АРТЮШЕНКО
Igor A. ARTYUSHENKO

Шепитько Таисия Васильевна – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Луцкий Святослав Яковлевич – доктор технических наук, профессор РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

Артюшенко Игорь Александрович – аспирант кафедры проектирования и строительства железных дорог РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

Intensive Technology for Construction of a Roadbed in the Permafrost Zone

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 62)

Предложен интенсивный технологический режим повышения стабильности слабых грунтов при сооружении земляного полотна на участке с многолетнемёрзлым основанием. На примере Северного широтного хода показана эффективность применения фундаментальных положений механики мёрзлых грунтов, установлены технологические закономерности повышения прочностных характеристик – угла внутреннего трения и сцепления грунта при уменьшении влажности и отводе воды из деятельного слоя и талика за пределы строительной площадки. Обосновано применение интенсивной технологии для упрочнения земляного полотна при строительстве путей сообщения в криолитозоне.

Ключевые слова: железная дорога, Северный широтный ход, многолетнемёрзлые грунты, земляное полотно, интенсивная технология.

Стабильность и устойчивость земляного полотна в регионах распространения многолетнемёрзлых грунтов должны быть обеспечены в течение всего предстоящего железной дороге жизненного цикла, начиная со стадии проектирования и геологических изысканий, в ходе которых появляются данные о теплофизических и физико-механических процессах, происходящих в грунтах. Под влиянием этих процессов при оттаивании происходят деформации, неблагоприятно влияющие на безопасность инженерного сооружения [1, 8]. Труды по теории земляного полотна Г. М. Шахунянца [10] и М. Н. Гольдштейна [2], посвящённые его конструкции и эксплуатации, не совсем полно раскрывают проблему изменения физико-механических характеристик грунтов в процессе строительства.

Актуальность этой проблемы подтвердилась при рассмотрении результатов инженерных изысканий и оценке стабильности основания на участках строительства Северного широтного хода [5, 6]. Анализ показал,



Рис. 1. Результаты расчёта коэффициента стабильности в программном комплексе Plaxis.

что на высокотемпературной мерзлоте (при положительной температуре грунтов на границе нулевых амплитуд) второй принцип строительства (с допущением оттаивания) приводит к особенно многочисленным деформациям земляного полотна.

На стадии проектирования строительства новой железнодорожной линии в районе многолетнемёрзлых грунтов необходимо учитывать наличие возможных опасных участков. Таковыми, в частности, являются таликовые зоны, которые оказывают негативное влияние на строительство земляного полотна и его последующую эксплуатацию [10]. Подобные зоны могут быть причиной появления различных деформаций на строительных объектах [1]. Для ликвидации таликов большой мощности разработана модификация интенсивной технологии в сочетании со сваями в геотекстильной оболочке [4].

В профилактике деформаций земляного полотна эффективно зарекомендовала себя интенсивная технология, разработанная в Российском университете транспорта (МИИТ). Она была запатентована [3] и впервые реализована АО «Центростроймеханизация» на строительстве автомагистрали МКАД–Кашира [7].

Рассмотрим опыт реализации интенсивной технологии на примере участков земляного полотна железнодорожной ли-

нии Салехард–Надым. Анализ стабильности основания, выполненный в [5, 12], показал наличие потенциально опасных участков с коэффициентом стабильности (Кст) 0,688. Поскольку $K_{st} < 1$, прочность основания не обеспечена. Проверка в программном комплексе Plaxis (рис. 1) подтвердила нестабильность основания: $K_{st} = 0,767$.

Интенсивная технология позволяет улучшить прочностные характеристики грунтов основания за счёт мероприятий по уплотнению и снижению влажности (рис. 2).

Первый этап интенсивной технологии заключается в устройстве дренажных систем с целью ускорения консолидации. Данный процесс происходит за счёт отвода воды, отжимаемой из толщи слабого основания.

Второй этап заключается в упрочнении грунтов основания при помощи их уплотнения с применением дополнительной внешней нагрузки от грунтовых виброкатков, позволяющей уменьшить влажность, повысить прочность и модуль деформации грунтов.

В соответствии с рекомендациями по интенсивной технологии [7, 11] её проектирование включает выбор организационно-технологических методов, обеспечивающих в совокупности улучшение эксплу-



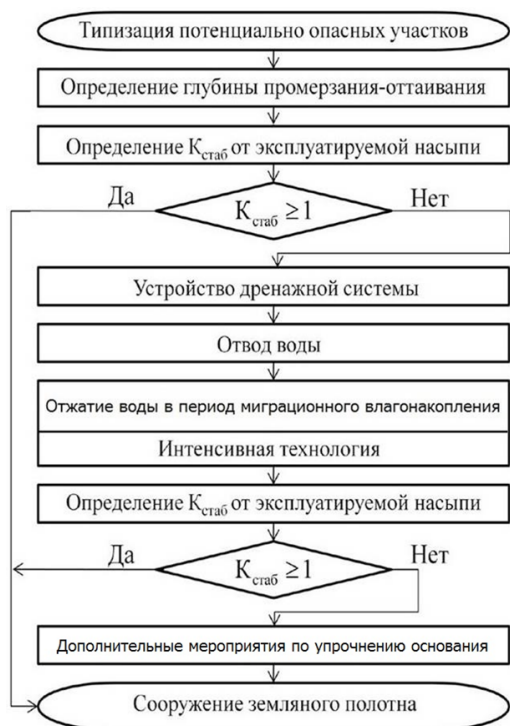


Рис. 2. Принципиальная схема повышения стабильности земляного полотна на просадочном основании.

атационных качеств (характеристик) основания земляного полотна:

- уменьшение и последующее затухание осадки (S);
- рост модуля деформации (E);
- повышение прочностных характеристик грунта (C, ϕ).

Благодаря применению интенсивной технологии при проектировании производства земляных работ на участке Салехард–Надым влажность деятельного слоя и талика уменьшилась соответственно с 33,5 %

до 23,3 % и 29,4 %. В соответствии с закономерностями, установленными в [8], при уменьшении влажности и отводе воды из деятельного слоя и талика за пределы строительной площадки повышаются прочностные характеристики: возрастают угол внутреннего трения (рис. 3) и сцепление грунта (рис. 4). А в результате возрастает коэффициент стабильности и стабилизируется основание насыпи (рис. 5).

Таким образом, применение интенсивного технологического режима уплотнения просадочного слоя грунта при оттаивании основания позволило: снизить влажность деятельного слоя и талика; повысить сцепление деятельного слоя с 14 до 20 кПа, сцепление талика – с 9 до 14,5 кПа; увеличить угол внутреннего трения деятельного слоя с 25 до 29,5 град и угол внутреннего трения талика – с 16 до 22 град.

При этом интенсивная технология, разработанная в МИИТ [6, 7], была реализована в виде технологического регламента строительства земляного полотна на участках распространения высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов железнодорожных линий Обская–Бованенково–Карская и Обская–Салехард.

ВЫВОДЫ

Применение интенсивной технологии для уплотнения и уменьшения влажности грунтов основания земляного полотна на высокотемпературной мерзлоте приводит к увеличению прочностных характеристик (сцепления и угла внутреннего трения) грунтов деятельного слоя и талика в строительный период. Для ликвидации таликов

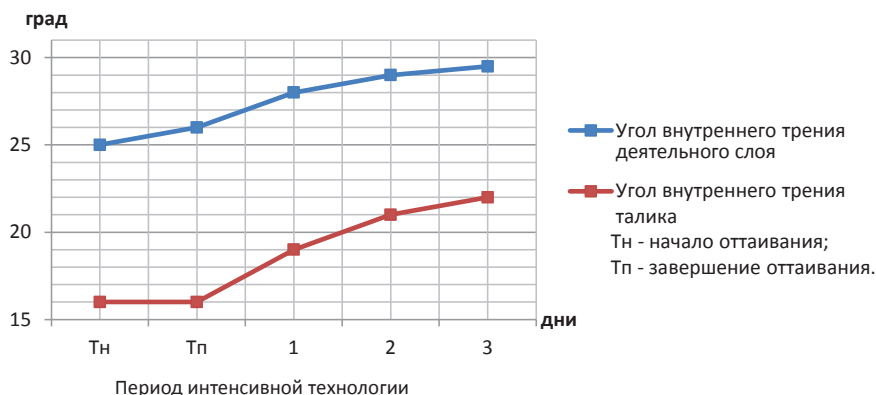


Рис. 3. Изменение угла внутреннего трения грунтов деятельного слоя и талика.

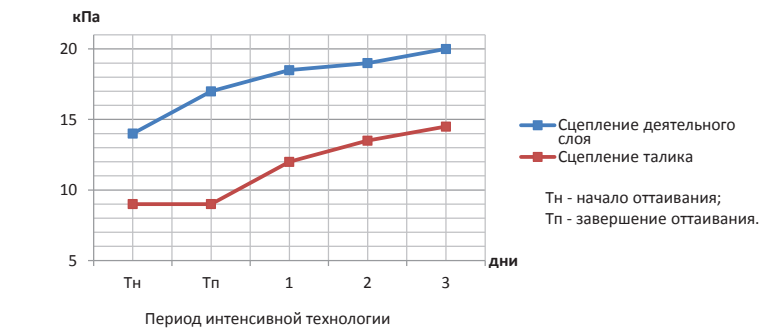


Рис. 4. Изменение сцепления грунтов деятельного слоя и талика.

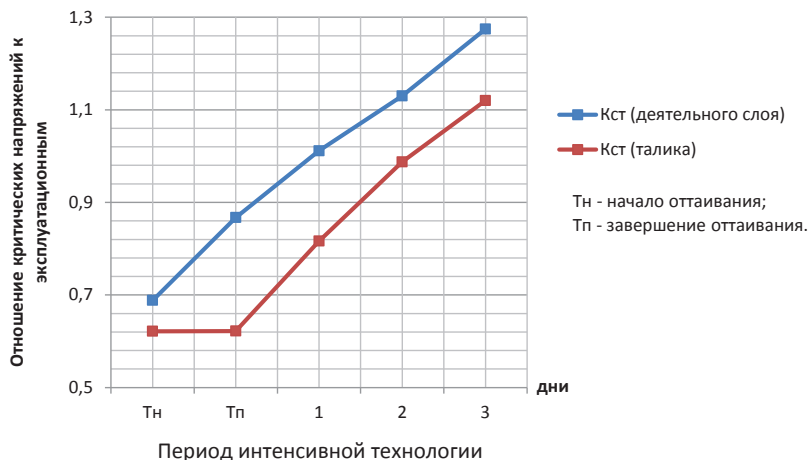


Рис. 5. Изменение коэффициента стабильности основания.

большой мощности разработана модификация интенсивной технологии в сочетании со сваями в геотекстильной оболочке. Сама же технология должна быть рекомендована прежде всего в целях повышения безопасности земляного полотна при строительстве путей сообщения в криолитозоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведомственные строительные нормы ВСН 61–89. Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты / Минтрансстрой СССР. — М.: ЦНИИС, 1990. — 208 с.
2. Гольдштейн М. Н. Механические свойства грунтов. — М.: Стройиздат, 1979. — 304 с.
3. Дорожное полотно и способ его возведения: патент № 2273687. Российская Федерация / С. Я. Луцкий [и др.] Патентообладатели Луцкий С. Я., Ашпиз Е. С., Долгов Д. В. — Заявл. 24.02.2005; опубл. 10.04.2006.
4. Бурукин А. Ю., Луцкий С. Я., Хрипков К. Н. Глубинное упрочнение грунтов в основании дорог на таликах // Труды 2-го международного симпозиума по проблемам земляного полотна в холодных регионах. — Новосибирск, 2015. — С. 64–71.
5. Луцкий С. Я., Артюшенко И. А. Анализ несущей способности просадочного основания земляного полотна на вечномёрзлых грунтах // Интерактивная наука — 2017. — № 10. — С. 8–13.
6. Луцкий С. Я., Шепитко Т. В. и др. Строительство путей сообщения на Севере. — М.: Латмес, 2009. — 286 с.
7. Рекомендации по интенсивной технологии и мониторингу строительства земляных сооружений на слабых основаниях. — М.: ТИМР, 2005. — 96 с.
8. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04–88. — Введ. 01.01.2013. — М., 2013. — 140 с.
9. Цытович Н. А. Механика мёрзлых грунтов. — М.: Высшая школа, 1973. — 446 с.
10. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь. — Изд. третье, перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1987. — 479 с.
11. Lutskiy S. Ya., Roman L. T. Technological Control of Permafrost Soil Characteristics in Roadbeds // Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 54, No. 3, July, 2017, pp. 187–191. [Русскоязычная публикация: Основания, фундаменты и механика грунтов, 2017, № 3, С. 26–30].
12. Lutskiy S. Y., Shepitko T. V., Cherkasov A. M. Composite technology of earthwork construction on taliks in cryolithic zones // Sciences in Cold and Arid Regions. — 2013. — Vol. 5. — Pp. 577–581.

Координаты авторов: **Шепитко Т. В.** — shepitko-tv@mail.ru, **Луцкий С. Я.** — lsy40@mail.ru, **Артюшенко И. А.** — tywka351@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 01.11.2017, принята к публикации 14.01.2018.

