



Оценка осадки земляного полотна на участках слабых оснований



Иван УЛАНОВ

Ivan S. ULANOV

Estimation of Foundation Settlement on Weak Base Sections

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 106)

При разработке проектов насыпей на слабом основании (переувлажненных глинистых грунтах) актуальное значение имеют правильная оценка величины осадки насыпи и обеспечение уширения основной площадки земляного полотна. Анализ состояния земляного полотна железнодорожной линии Нарын–Лугокан сделан автором с учётом наличия островной вечной мерзлоты, заданных эксплуатационных характеристик, материалов геодезической проверки и научно-теоретических обоснований проекта.

Ключевые слова: железная дорога, эксплуатационная осадка, строительная осадка, слабые грунты основания, вечная мерзлота, проблемы эксплуатации, уширение площадки.

Уланов Иван Сергеевич – заместитель главного инженера ООО «Китайская инженерная железнодорожная корпорация «Эр Юань», КНР, провинция Сычуань, г. Чэнду, филиал корпорации в РФ, Москва, Россия.

Строительство железных дорог на участках слабых оснований требует тщательного подхода к проектированию индивидуальных конструкций земляного полотна. При выполнении расчётов необходимо обеспечивать не только общую и местную устойчивость откосов насыпей, но и предусматривать меры по сохранению проектных отметок головки рельса после завершения осадок основания.

В современной нормативно-технической документации описаны методы проектирования земляного полотна на торфяных, сапропелевых болотах и илах. При этом практически отсутствуют расчёты и типовые проектные решения по проектированию насыпей железных и автомобильных дорог на переувлажнённых глинистых грунтах. Дефицит внимания к данному вопросу приводит к серьёзным проблемам при эксплуатации построенных объектов. Недооценка величины осадки насыпи и отсутствие уширения основной площадки земляного полотна грозят деформациями обочин и образованием балластных шлейфов.

Как известно, полную осадку насыпей образуют строительная и эксплуатационная осадки. Строительная достигается за

счёт уплотнения грунтов основания при возведении насыпи. Эксплуатационная возникает за счёт доуплотнения тела и основания насыпи под действием поездной нагрузки. Расчёт суммарной осадки основания насыпей рекомендуется выполнять по компрессионным кривым грунтов. Соотношение между осадками, происходящими в строительный период и после сдачи насыпи в эксплуатацию, устанавливаются СП 32–104–98 как $S_e = S_s = 0,5S$.

То есть строительная осадка условно равняется эксплуатационной. Фактическая величина осадок в эксплуатационный период не всегда равняется расчётным значениям строительной осадки. Особенно это очевидно на участках слабых оснований и при отсыпке насыпи в зимний период. Таким образом, при расчёте конструкций земляного полотна закладываются неправильные проектные решения: недостаточная ширина основной площадки для подъёмки пути на балласт после завершения осадки или, наоборот, излишний запас насыпи на осадку по высоте.

* * *

Для оценки величины эксплуатационной осадки для вводимых в эксплуатацию новых железных дорог был выполнен анализ состояния земляного полотна линии Нарын–Лугокан длиной 220 км, расположенной в Забайкальском крае. Район строительства отличается наличием островной вечной мерзлоты, высоким уровнем грунтовых вод и, как следствие, преобладанием переувлажнённых глинистых грунтов в деятельном слое.

При рассмотрении характерных участков обнаружено, что наибольшие эксплуатационные осадки возникают при наличии в основании земляного полотна глинистых переувлажнённых грунтов: супесей и суглинков от текучей до тугопластичной консистенции с модулем деформации от 5 до 10 МПа мощностью от 1,0 до 5,5 м, а также торфа с модулем деформации менее 4 МПа. Земляное полотно представлено насыпями высотой от 1 до 9 метров.

Отсыпка насыпей выполнена из скальных слабовыветривающихся грунтов – гранитов, порфиритов и песчаников с плотностью 2,48–2,62 г/см³. Строительство велось круглогодично. Уплотнения насы-

пей производилось послойно вибрационными катками массой 15 т, по 9–12 проходов по слою толщиной 0,4 м. Земляные работы производились в период с 2008 по 2011 год, укладка верхнего строения пути шла с 2011 по 2013 год. Разница между завершением работ по возведению земляного полотна и началом укладки верхнего строения пути в среднем составляла два года, то есть четыре сезона замораживания-оттаивания грунта. На основании этого можно сделать вывод, что к моменту укладки верхнего строения пути насыпь консолидировалась, строительная осадка завершилась.

Перед укладкой рельсошпальной решётки основная площадка земляного полотна подвергалась инструментальной геодезической проверке, при отклонении фактических отметок от проектных более чем на 5 см выполнялась досыпка скального грунта с уплотнением и профилированием верха земляного полотна грейдером.

Осенью 2013 года после укладки верхнего строения пути и открытия рабочего движения было сделано техническое нивелирование бровок земляного полотна и головок рельсов. Полученные данные явились исходными для последующего анализа.

Полученные измерения подтверждали теоретические знания об осадках железнодорожных насыпей. Наибольшие осадки были приурочены к местам устройства водопропускных труб, участкам с нарушенными водоотводами, а также к участкам оттаивания вечномерзлых грунтов III–IV категории термпросадочности (на некоторых из них величины осадок превышали 100 см). Подобные участки с осадками более 60 см отфильтровывались и исключались как грубые погрешности или частные случаи. Всего для дальнейшей обработки были выделены 23 участка со слабыми грунтами, суммарной длиной 10,6 км. Отфильтрованный массив данных группировался по главному отличительному признаку – модулю деформации грунта основания. Характеристики грунтов принимались по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных проектными институтами в 2008–2010 годах.

Всего было получено пять групп для классификации грунтов с модулями дефор-



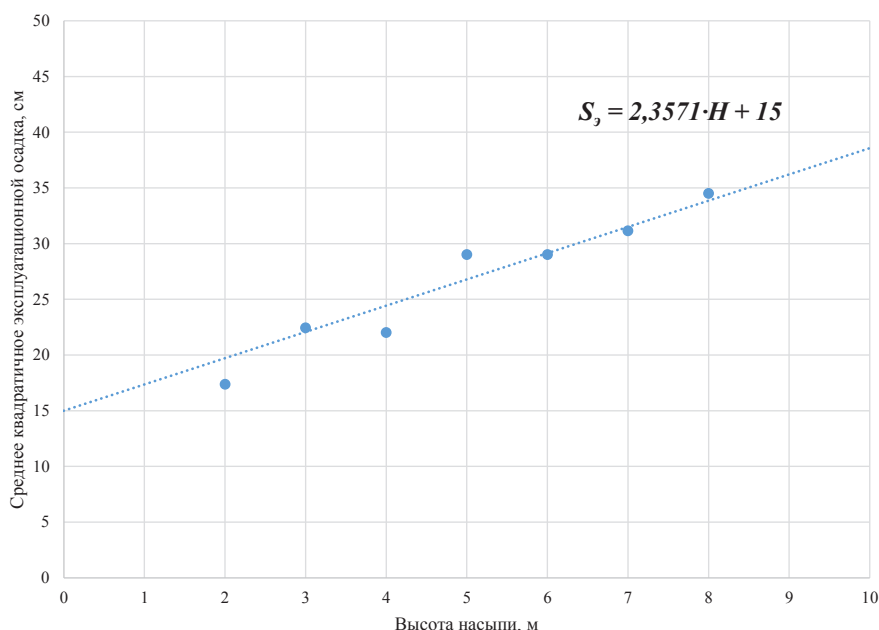


Рис. 1. Зависимости S_0 от H для грунтов с $E < 4$ МПа.

мации 10, 7, 6, 5 и менее 4 МПа. Далее определены средние арифметические и средние квадратичные набора данных для разной высоты насыпи от 1 до 10 метров. Среднее квадратичное отклонение результатов изменений не превышало 25 %.

По полученным средним значениям строилась графическая зависимость фактической эксплуатационной осадки от высоты насыпи. С помощью аппрок-

симации данных определены функции $S_0 = f(H)$.

Пример графической зависимости средних квадратичных данных фактической эксплуатационной осадки от высоты насыпи при модуле деформации грунта основания менее 4 МПа представлен на рис. 1.

Анализ примера показывает, что зависимость эксплуатационной осадки от высоты насыпи имеет линейный характер

Таблица 1

Рекомендуемые величины уширения основной площадки земляного полотна для возможности подъёмки пути на балласт

№ п/п	Высота нас., м	Грунт основания с модулем деформации, МПа				
		Величина уширения при $E < 4$ МПа	Величина уширения при $E = 5$ МПа	Величина уширения при $E = 6$ МПа	Величина уширения при $E = 7$ МПа	Величина уширения при $E = 10$ МПа
1	1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2
2	2	0,6	0,6	0,6	0,4	0,2
3	3	0,7	0,6	0,6	0,4	0,2
4	4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,3
5	5	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3
6	6	0,9	0,9	0,8	0,5	0,3
7	7	0,9	1,0	0,8	0,5	0,3
8	8	1,0	1,1	0,9	0,5	0,4
9	9	1,1	1,2	0,9	0,5	0,4
10	10	1,2	1,2	1,0	0,6	0,4

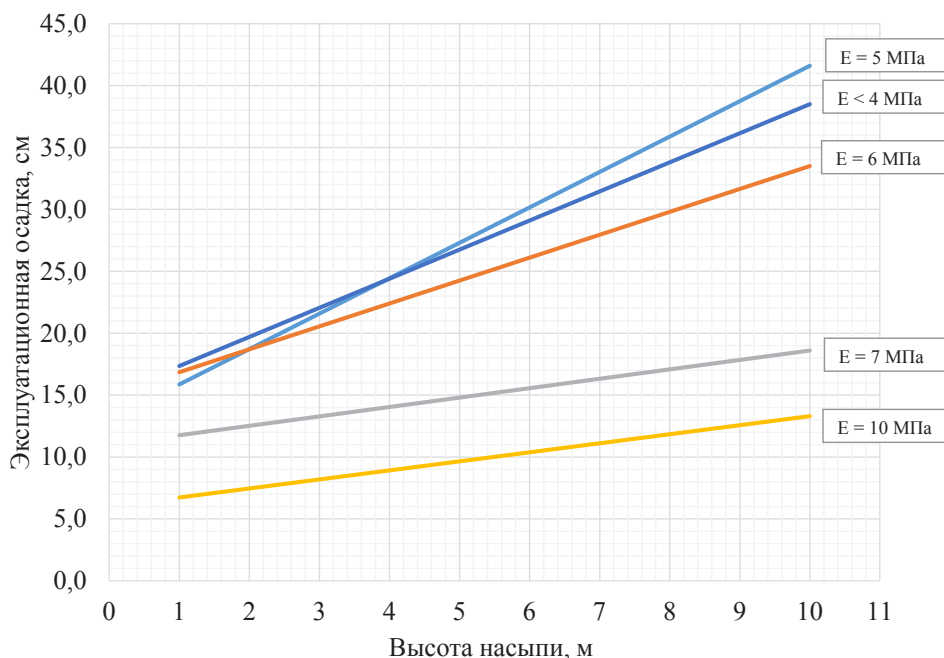


Рис. 2. Зависимости $S_{\text{э}}$ от H для грунтов с различным модулем деформации.

и в конкретном случае может быть описана формулой:

$$S_{\text{э}} = 2,3571 \cdot H + 15. \quad (1)$$

Аналогичные зависимости выявлены для каждой из пяти рассматриваемых групп (рис. 2).

В результате определена линейная зависимость величины эксплуатационной осадки железнодорожной насыпи под действием поездной нагрузки от высоты насыпи на слабых переувлажнённых грунтах основания. Полученные графики могут быть использованы при расчёте конечной величины осадки насыпей. Промежуточные значения находятся линейной интерполяцией.

При разработке проектов насыпей на слабом основании рекомендуется выполнять уширение основной площадки земляного полотна для возможности подъёмки пути на балласт после завершения осадок. Для определения величин уширения следует использовать представленные в статье эмпирические данные. Кроме того, стоит обратить внимание, что на величину уширения основной площадки земляного полотна должна оказывать влияние только

величина эксплуатационной осадки, строительные же осадки должны быть завершены к моменту укладки верхнего строения пути. Рекомендуемые величины уширения основной площадки на слабых грунтах представлены в таблице 1, значения округлены с точностью до 0,1 м.

ВЫВОДЫ

Полученные значения эксплуатационных осадок и рекомендуемые величины уширения основной площадки земляного полотна могут быть использованы при разработке индивидуальных проектов земляного полотна железных дорог на слабых переувлажнённых грунтах основания. Они вполне применимы и для определения эмпирической зависимости между строительной и эксплуатационной осадками, совершенствования расчётных методов и нормативной базы по проектированию земляного полотна.

ИСТОЧНИКИ

1. СП 32–104–98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм.
2. ВСН 61–89. Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты.

Координаты автора: **Уланов И. С.** – ulanovis@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.04.2017, принята к публикации 12.05.2017.

