

опережал возникающие перед человечеством в целом, и перед нашей страной, в частности, вызовы. Один из таких – «тренд жизненного аутсорсинга» или перераспределение отдельных работ и функций в пользу «умного» устройства (передача их от человека машине). Компания Илона Маска в этом году для использования человеком ИТ-гаджетов при помощи мыслей впервые вживила нейрочип в его мозг, создав киборга. Это радикально влияет на модель университета, будущие профессии и сферу образования в целом.

### **Список использованных источников**

1. Кэрролл, Л. Алиса в стране чудес / Л. Кэрролл. – М. : Росман-Пресс, 2009. – 114 с.
2. Капский, Д. В. Подготовка транспортных специалистов для «умных» городов / Д. В. Капский // Социальные практики и развитие городской среды: урбанистика и инноватика : Материалы МНПК, Минск, 25–26 ноября 2021 года / Редколлегия: И.В. Пинчук (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусский государственный университет, 2021. – С. 141–147.

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ**

***Клебанюк<sup>1</sup> Д. Н., Шведовский<sup>2</sup> П. В.***

*<sup>1</sup> М. т. н., старший преподаватель кафедры геотехники и строительных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь г. Брест, ул. Московская, 267, klebanjuk.dmitri@yandex.ru*

*<sup>2</sup> К. т. н., профессор кафедры геотехники и строительных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь г. Брест, ул. Московская, 267, ofig@bstu.by*

Произвольный выбор конструктивных параметров тяжелых трамбовок и не учет технологических особенностей и закономерностей динамики уплотнения грунтовых оснований практически всегда приводит не только к удорожанию инженерной подготовки строительной площадки, но и не позволяет достичь требуемого уплотнения оснований при относительно приемлемых энергетических затратах.

Анализ исследований показывает, что оптимизация размеров и форм подошвы трамбовок, а соответственно массы, высоты сбрасывания, расстояния между точками уплотнения, технологии и организации производства работ требует достоверного учета инженерно-геологических условий строительной площадки.

Выявлено, что с увеличением модуля деформации уплотняемых грунтов ( $E_0$ ) требуется уменьшение диаметра трамбовки ( $d_{mp}$ ) при прочих постоянных факторах: естественная ( $\rho_d^{ecm}$ ) и требуемая ( $\rho_d^{mp}$ ) плотности сухого грунта; мощности уплотняемой толщи ( $h_{yn}$ ) и энергии удара ( $M$ ).

При этом уменьшение  $d_{mp}$  возможно до определенных пределов, так как при малых значениях  $d_{mp}$  ( $d_{mp} < 1,0$  м) происходит разуплотнение грунта с образованием зон выпора за пределами пяты трамбования. Выявлено также, что чем больше мощность и требуемая плотность ( $\rho_d^{mp}$ ) уплотняемого слоя ( $H_{yn}$ ), тем  $d_{mp}$  (при прочих постоянных факторах) должен быть меньше, что и определяет необходимость при уплотнении грунтовых толщ большой мощности одновременно с увеличением  $d_{mp}$  увеличивать массу трамбовки ( $M$ ) и высоту сброса ( $H$ ).

Исследования также позволяют отметить, что наибольшая эффективность уплотнения грунтовых оснований достигается при оптимальной влажности грунтов ( $w_{opt}$ ). При влажности ниже оптимальной требуется большая энергия на разрушение существующей и формирование новой структуры, что и обуславливает уменьшение глубины уплотнения ( $H_{yn}$ ) при незначительном повышении степени уплотнения. Так, например, для глинистых грунтов снижение влажности ниже оптимальной на 4–5 % приводит к уменьшению глубины уплотнения до 15–20 %, при этом большое значение имеет содержание глинистых частиц. Также выявлено, что, чем однороднее грунт, тем плотность будет выше при одних и тех же энергозатратах на уплотнение.

Анализ исследований изменений влажности ( $w$ ) и плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ), в зависимости от энергии удара ( $\sqrt{MgH}$ ), показал, что чем больше энергия удара, тем влажность уплотняемого грунта меньше. При этом практически для всех видов и состояний грунтов наибольшее снижение влажности характерно на первоначальном этапе уплотнения, даже при малой энергии удара. Что касается изменений плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ), то оно имеет обратную тенденцию, т. е. при увеличении энергии удара плотность сухого грунта ( $\rho_d$ ) увеличивается и, особенно, на начальном этапе уплотнения.

Анализ влияния технологических особенностей на уплотнение грунтовых оснований показывает, что определяющими являются схемы размещения точек уплотнения – по вершинам квадратов, углам равностороннего или равнобедренного треугольника и число ударов трамбовок в одной точке.

При этом расстояние между точками уплотнения пропорционально увеличению диаметра трамбовки ( $d_{mp}$ ), плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ) и мощности уплотняемой толщи ( $h_{yn}$ ).

Не менее существенно и влияние формы подошвы трамбовок: ступенчатая, плоская и криволинейная (сферическая).

Следует отметить, что на практике обычно выбор оптимальных конструктивных параметров трамбовок и технологий процесса уплотнения, при однородных

инженерно-геологических условиях строительных площадок, не представляет больших затруднений.

При сложных инженерно-геологических условиях осадка, что характерна для большинства строительных площадок, выбор оптимальных конструктивных параметров трамбовок и технологии процесса уплотнения уже в обязательном порядке требует проведения опытного уплотнения в нескольких точках с наиболее характерной вертикальной и горизонтальной изменчивостью инженерно-геологических условий.

Однако выбор местоположения точек для опытного уплотнения весьма затруднителен, так как методик и рекомендаций практически не существует.

В связи с этим нами были проведены исследования степени влияния основных свойств уплотняемых грунтов на глубину отпечатка, мощность зоны уплотнения и ее параметры.

Особое внимание при исследованиях уделялось проблеме распространения вибрационных воздействий на смежные участки и их влияние на изменение естественной структуры грунтовых и технических объектов.

Выявлено, что определяющими свойствами являются: коэффициент пористости (35 %), плотность (10 %), поровое давление до консолидации (8 %) и коэффициент Пуассона (4 %).

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОСОБОЙ РАСЧЕТНОЙ СИТУАЦИИ**

***Колчунов<sup>1</sup> В. И., Федорова<sup>2</sup> Н. В., Савин<sup>3</sup> С. Ю., Амелина<sup>4</sup> М. А.***

*<sup>1</sup> Д. т. н., профессор, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, asiorel@mail.ru*

*<sup>2</sup> Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, fedorovanv@tgsu.ru*

*<sup>3</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, suwin@yandex.ru*

*<sup>4</sup> Аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, margo.dremova@mail.ru*

Здания и сооружения нормального и повышенного уровня ответственности в течение срока своей эксплуатации могут подвергаться аварийным воздействиям, которые трудно или невозможно предусмотреть на этапе проектирования. Несмотря на низкую вероятность реализации таких воздействий, высокие риски, связанные с нежелательными социальными последствиями для зданий