

П. А. Иванников, канд. техн. наук, доц.

ГОУ ВПО «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Томск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОЩАДИ ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ БЛОКА ГРУНТА ОТ МЕЖЩЕЛЕВОГО ЦЕЛИКА

В статье представлены результаты исследований по определению площади приложения нагрузки для выделения блока грунта от межщелевого целика.

Проведение аварийно-восстановительных работ на инженерных коммуникациях в зимний период времени связан с необходимостью проведения работ в сжатые сроки, зачастую в стесненных условиях городской застройки.

С целью повышения эффективности проведения указанных выше работ на каф. СДМ ТГАСУ разработан комбинированный рабочий орган, включающий щелерезную машину и силовое устройство для отделения блока грунта от межщелевого целика [1]. Силовое устройство размещается в траншее 140 мм шириной и может развивать усилие 200...300 кН. Одной из проблем является определение площади контакта устройства, позволяющего откалывать блок по граням заземления. Проведены лабораторные и полевые эксперименты, позволяющие определять коэффициент контактной выносливости грунта в зависимости от прочности грунта.

Работоспособность устройств для скалывания блоков мерзлого грунта напрямую зависит от площади поверхности, к которой прикладывается сосредоточенная нагрузка. Величина поверхности нагрузочной площадки влияет, с одной стороны, на возможность отделения блока грунта, с другой, на энергоемкость процесса отделения. Блок грунта отделяется от межщелевого целика по граням заземления, если, при приложении разрушающей нагрузки, площадка не внедряется в грунт.

Эффективность работы устройств может быть нулевой, если разрушение будет происходить под нагрузочной площадкой без отделения блока грунта от массива.

Величина нагрузочной площадки должна быть такой, чтобы отделение блока при приложении к нему нагрузки, происходило по граням заземления. Площадь поверхности приложения нагрузки будет определяться прочностью грунта под площадкой и величиной прилагаемой нагрузки. Поскольку прочность грунта по высоте забоя не остается постоянной величиной, то необходимо учесть эти изменения.

С целью решения поставленной задачи были проведены лабораторные и полевые эксперименты на суглинках и песках. В лабораторных экспериментах нагрузочные площадки представляли собой в сечении круг, прямоугольник и выпуклую цилиндрическую поверхность. Оценка в экспериментах проводилась по наличию пластических деформаций под нагрузочной площадкой и величине контактного напряжения. Величина контактного напряжения находилась по известному значению усилия скалывания и площади поверхности контакта. Выбор, принятых выше поверхностей, нагрузочных площадок объясняется возможностью применения различных силовых устройств для разрушения блоками мерзлого грунта .

Для удобства сравнения полевого и лабораторного эксперимента, а так же для практического применения коэффициента контактной прочности, прочность грунта переведена в прочность по C , определяемую динамическим плотномером ДорНИИ.

Пользуясь корреляционной зависимостью [2, 3] между $\sigma_{сж}$ и прочностью по ударнику ДорНИИ «С», определен коэффициент контактной выносливости

$$k_k = q / C .$$

Исследования проводились на суглинистых и песчаных грунтах с отрицательной температурой в интервале $t = -3...-7$ °C [4].

Эксперименты, проведенные на суглинке и песчаных грунтах, показывают, что отпечаток остается при значении коэффициента контактной выносливости $k_k \geq 12,7...18$, при этом кусок грунта отделяется по граням защемления от блока. Объяснением внедрения поверхностей может служить то, что до некоторого момента времени контактные напряжения превышают предельные значения выносливости грунта, а при дальнейшем продвижении под площадкой происходит образование ядра уплотнения. Образование ядра уплотнения приводит к увеличению площади, по которой распределяются напряжения от прикладываемой нагрузки, при этом увеличивается сопротивление продвижению площадки в грунт. Если сопротивление продвижению площадки в грунт становятся больше усилия необходимого для отделения блока, то происходит разрушение по граням защемления. Внедрение нагрузочной площадки в грунт приводит к увеличению энергетических затрат, необходимых для отделения блока грунта от массива. Исходя из этого, значение коэффициента контактной прочности необходимо выбирать таким, чтобы обеспечить поверхностную целостность грунта под нагрузочной площадкой.

Анализируя лабораторные эксперименты можно сказать следующее, что для отделения блока грунта по граням защемления необходимо иметь коэффициент контактной выносливости $k_k \leq 14$.

Исследования, проведенные в полевых условиях, позволили получить статистические данные по контактной прочности грунта. Эксперименты проводились на суглинистых грунтах с $t = -5,5$ °C, влажностью

$\omega=25...28\%$ и поверхностной прочностью грунта по $C=176$ и $C=179$, что соответствовало $\sigma_{сж}=5,29...5,39$ МПа. В эксперименте фиксировались, ширина отделяемого блока B , глубина прорезаемой траншеи H , усилие отделения грунта P , при известной точке установки силового устройства по глубине траншеи. Координата установки силового устройства определяется соотношением B/h . По значениям усилия отделения блока и площади опорной поверхности силового устройства F определялась величина контактного давления на грунт q . По соотношению между контактным давлением и прочностью грунта по показателю C вычислялся коэффициент контактной выносливости. Первые четыре эксперимента соответствовали глубине прорезаемой траншеи $H=1,2$ м, а пятый и шестой $H=0,8$ м. Во всех экспериментах фиксировалось наличие отпечатка под нагрузочной площадкой и внедрение ее в грунт. Результаты полевых испытаний показывают, что при значениях коэффициента контактной выносливости $\kappa_k \leq 10$ не наблюдается внедрение нагрузочной площадки в поверхность блока грунта, а при больших значениях просматривается явная деформация.

Величина коэффициента контактной выносливости зависит не только от величины контактного давления q , но и от координаты установки силового устройства по глубине траншеи H . Объясняется это тем, что $\sigma_{сж}$ на дневной поверхности грунта может быть в $1,5...2,0$ раза выше, чем на исследуемых глубинах. В тоже время, приложение нагрузки на расстоянии от поверхности грунта $H_c < 0,4$ м, при наличии снежно-ледяной корки толщиной до $0,1..0,2$ м, приводило к выкалыванию грунта в сторону дневной поверхности. Выкалывание грунта в сторону дневной поверхности грунта чаще всего наблюдалось при скалывании блоков с глубиной траншеи $H=0,7...0,8$ м.

Анализируя результаты лабораторного и полевого эксперимента можно сказать следующее:

– для нормальной работы силового устройства, обеспечивающего скалывание блоков мерзлого грунта, значение коэффициента контактной выносливости следует принимать $\kappa_k = 10...14$;

– величина нагрузочной площадки должна рассчитываться через контактное давление, которое определяется выражением

$$q = \kappa_k \times C.$$

Величину коэффициента контактной выносливости для суглинистых грунтов следует принимать $\kappa_k = 10$.

Значение коэффициента выносливости для песков следует принимать $\kappa_k = 14$, при этом поверхность нагрузочной площадки будет меньше чем для суглинков.

Величина поверхности приложения нагрузки при отделении блока грунта будет зависеть не только от прочности грунта, но и от координаты заложения силового устройства по глубине траншеи. Зависимости распре-

делений прочности по слою промерзания, найденные ранее, позволяют определить величину нагрузочной площадки относительно координаты установки силового устройства по глубине траншеи H .

Величина площади поверхности нагрузочной площадки, с учетом координат установки силового устройства и значения коэффициента контактной прочности, определяется следующим образом

$$F = P / k_k C_i,$$

где F – величина площади поверхности приложения сосредоточенной силы; k_k – коэффициент контактной прочности; C_i – прочность грунта под нагрузочной площадкой на глубине H_i ; P – усилие, необходимое для отделения блока мерзлого грунта.

С учетом распределения прочности по глубине траншеи приведенное выше выражение примет вид

$$F = P / k_k [C_0 - \alpha_c H^{0.5}],$$

где C_0 – прочность на дневной поверхности грунта; α_c – коэффициент характеризующий интенсивность изменения прочности по глубине слоя промерзания грунта или глубине траншеи H .

Исследования по определению допустимого значения контактного давления, прикладываемого к мерзлому грунту, позволили найти зависимость для определения площади приложения сосредоточенной нагрузки при отделении блока грунта. Величина площади приложения сосредоточенной нагрузки зависит от усилия, прикладываемого к блоку, глубины заложения ее по высоте траншеи, прочности на поверхности грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1469051 СССР, МКИ⁵ Е 02 F 5/30 Скальвающее устройство. / Ф. Кириллов, П. А. Иванников, А. В. Ковалев (СССР). № 4082176/29-0, заявл. 13.05.86; опубл. 30.03.89, Бюл. № 12. – 4 с.
2. Зеленин, А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А. Н. Зеленин. – М. : Машиностроение, 1968. – 375 с.
3. Цытович, Н. А. Механика мерзлых грунтов / Н. А. Цытович. – М. : Высш. шк., 1973. – 243 с.
4. Кириллов, Ф. Ф. Экспериментальные исследования разрушения межщелевых целиков мерзлого грунта / Ф. Ф. Кириллов, А. В. Ковалев, П. А. Иванников; Томск. инж. строит. ин-т. - Томск, 1986. – 20 с. Библиогр.: 3 назв. – Рус. – Деп. в ЦНИИТЭстроймаше 07. 03. 86, № 51– сд – 86.