УДК 624.134:624.151

© В. В. Верстов, д-р техн. наук, профессор
© В. В. Латута, канд. техн. наук, ст. преподаватель
© Д. А. Животов, канд. техн. наук, ст. преподаватель
© Л. Г. Ворона-Сливинская, д-р экон. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: latuta@mail.ru, d.zhivotov@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-134-140

© V. V. Verstov, Dr. Sci. Tech., Professor
© V. V. Latuta, PhD in Sci. Tech., senior teacher
© D. A. Zhivotov, PhD in Sci. Tech., senior teacher
© L. G. Vorona-Slivinskaya, Dr. Sci. Ec., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: latuta@mail.ru, d.zhivotov@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОГРЕЙФЕРА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

USING OF A VIBRATING GRAB TO PERFORM SPECIAL TYPES OF CONSTRUCTION WORKS

Выполнение специальных видов строительных работ сопровождается извлечением грунта из полости различных конструктивных элементов, погружаемых в грунт. Применение для этих целей традиционных челюстных канатных грейферов не обеспечивает высокой производительности работ. Авторами статьи рассматривается задача извлечения водонасыщенных грунтов без крупных включений при помощи виброгрейферов.

Ключевые слова: вибрационная технология, вибропогрузчик, виброгрейфер, виброметод, грунтозаборник.

Performing special types of construction work is accompanied by extraction of soil from the cavity of various structural elements immersed in the soil. The use of traditional jaw rope grabs for these purposes does not provide high productivity. The authors of the article consider the task of extracting water-saturated soils without large inclusions using vibrating grabs.

Keywords: vibration technology, vibrating loader, vibrating grab, vibration method, soil collector.

Ранее в трудах В. В. Верстова [1] рассмотрен виброгрейфер продольно-вращательного действия (рис. 1), который представляет собой мобильный погружной снаряд, работающий в комплексе с грузоподъемным механизмом, обеспечивающим его опускание на дно забоя, подъем после набора грунта и транспортирование к месту разгрузки. Отличительная особенность виброгрейфера состоит в том, что он позволяет погружать грунтозаборник в грунт и разгружать его при наиболее эффективных для этой цели продольных колебаниях, а срыв керна относительно массива грунта и извлечение грунтозаборника проводить при вращательных колебаниях.

По результатам работы В. В. Верстова можно обобщить следующее [1, 2]:

- погружение виброгрейфера в грунт происходит при продольных колебаниях, позволяю-

щих эффективно осуществлять набор грунта; при этом набор грунта под защитой обсадной трубы (внутри сваи-оболочки) не вызывает опасных воздействий на здания и сооружения, расположенные вблизи от места производства работ;

- срыв относительно грунтового массива и вибрационное извлечение виброгрейфера с заполнившим грунтозаборник грунтовым керном — при вращательных колебаниях, обеспечивающих проскальзывание грунтозаборника относительно прилегающего грунта, снижающих статическое усилие извлечения в два-три раза, а также генерирующих минимальный уровень колебаний в окружающий грунт;

- разгрузка виброгрейфера — при эффективных для этой операции продольных колебаниях.

Виброгрейферы навешиваются на крюковую подвеску любого грузоподъемного механизма

Рис. 1. Виброгрейфер продольно-вращательного действия [1]: а — конструктивная схема виброгрейфера (1 — специальный вибровозбудитель; 2 — приводной электродвигатель; 3 — амортизирующая подвеска; 4 — грунтозаборник; 5 — сменная насадка); б — общий вид виброгрейфера при разгрузке; в — вид грунтового керна плотного грунта, выгруженного из грейфера

с запасом грузоподъемности, что является ключевым эксплуатационным достоинством, так как дает возможность применять одинаковый механизм для разных видов строительных работ.

В [3, 4] описывается особенность работы виброгрейфера, состоящая в том, что его грунтозаборник только прорекает грунт тонкими стенками, а затем kern, заполнивший внутреннюю полость, извлекается на поверхность и разгружается. Такой принцип работы виброгрейфера позволяет осуществлять проходку скважин большего диаметра без существенного повышения мощности механизмов, его массы и габаритов (таблица). Сравнительные испытания виброгрейферов и обычных канатных грейферов при извлечении грунта из полости свай-оболочек в условиях строительной площадки, сложенной глинистыми грунтами, в основном от тугопластичной до полутвердой консистенции с включениями гальки и гравия, показали, что средняя производительность виброгрейфера превышает аналогичные показатели канатных грейферов в 3–4 раза, а буровых станков — в 10 раз. При этом доля

затрат времени на выемку грунта снижается с 85 до 50 % от общей длительности цикла работ погружения оболочки, исключаются операции по перегрузке извлеченного из свай-оболочек грунта за счет разгрузки его виброгрейфером непосредственно в автотранспорт.

Грунтозаборники виброгрейферов оснащаются специальными насадками, сечение которых выбирают в зависимости от его диаметра и вида разрабатываемого грунта. Задача насадок — практически не увеличивая сопротивление внедрению виброгрейфера, обеспечить удержание грунта в грунтозаборнике при его извлечении и легком его опорожнении (разгрузке). В случае слабых и водонасыщенных грунтов, когда удержание керна в грунтозаборнике при помощи ячеистой перегородки становится затруднительным, применяется грунтозаборник, снабженный челюстями, управляемыми гидроприводом (рис. 2). Челюсти и их привод обладают незначительным сопротивлением и не влияют на погружающую способность виброгрейфера. Виброгрейфер комплектуется специальным

Технические характеристики виброгрейферов продольно-вращательного действия

Характеристики	ПВ-380	ПВ-530	ПВ-820
Диаметр проходимой скважины, мм	380–500	530–800	820–1220
Средняя скорость заглубления в грунт при наборе грунта, м/мин	0,8	1,0	1,0
Среднее время разгрузки грунта, с	20	15	15
Усилие извлечения не более, кН	50	70	120
Статический момент массы дебалансов, кг · см	650	1000	1200
Частота колебаний, Гц	15,2	16,6	12,9
Амплитуда вынуждающей силы, кН	61	110	161
Высота виброгрейфера, мм	380	2950	3100
Масса виброгрейфера, кг	1100	1300	3000
Мощность электродвигателя, кВт	11	30	30

трамбуящим днищем, которое устанавливается на грунтозаборник взамен сменной насадки и предназначено для трамбования забоя скважины и послойного трамбования бетонной смеси.

В комплект оборудования виброгрейфера входит также направляющее устройство, обеспечивающее вертикальность оси вибронабивной сваи, изготавливаемой без применения обсадных труб.

В работе [5] указывается, что герметичность конструкции виброгрейферов позволяет использовать их под водой или глинистым раствором. Имеется положительный опыт применения виброгрейферов для извлечения грунта из свай-оболочек насухо (глубиной до 30 м) и из-под воды (с глубины до 25 м).

При устройстве опор высокой несущей способности возможна реализация технологии погружения металлической крепи (обсадной трубы) виброустановкой, сочетающей в себе функции вибропогружателя и виброгрейфера. Проходка прямоугольной в плане выработки ничем не отличается от проходки обычных скважин.

В работе [7] говорится, что виброгрейферы зарекомендовали себя весьма эффективным средством механизации работ при погружении опускных колодцев. При погружении опускного колодца диаметром 4 м в плотные суглинки, не поддающиеся разработке обычным челюстным грейфером, выемка грунта виброгрейфером позволила увеличить скорость посадки колодца за счет динамического воздействия на грунт, находящийся под ножом колодца. За счет применения виброгрейфера на этом объекте удалось в 2–2,5 раза повысить производительность труда

и практически исключить ручной труд. При помощи виброгрейфера, на примере опускного колодца, можно устраивать лидирующие скважины, заполняемые песком. Это дает возможность снизить сопротивление грунта при погружении колодца.

При строительстве бестраншейного перехода наиболее трудоемким и сложным является процесс прокладки защитной трубы-кожуха. Трудности определяются необходимостью приложения больших статических сил как при проколе, так и при продавливании, возникает необходимость в выполнении весьма трудоемкой операции извлечения грунта из полости горизонтальной трубы.

В. В. Верстовым в [8] описывается ударно-вибрационный грейфер УВБ-1, который представляет собой мобильный снаряд, имеющий возможность самодвижения по прокладываемой трубе к забою и принудительного внедрения в грунт, поступивший в трубу при ее продавливании. Движение ударно-вибрационного грейфера к забою и внедрение в грунт осуществляются под действием ударных импульсов, создаваемых ударно-вибрационным механизмом и передаваемых корпусу машины и соединенному с ней грунтозаборнику. УВБ-1 (рис. 3) состоит из ударно-вибрационного механизма с приводным электродвигателем, размещенных в цилиндрическом корпусе и жестко соединенных с грунтозаборником. Ударно-вибрационный механизм имеет возможность относительного перемещения в цилиндрическом корпусе и связан с ним системой пружин. Корпус имеет наковальню и выступы, а ударно-вибрационный механизм —

Рис. 2. Конструкция грунтозаборника для извлечения слабых водонасыщенных грунтов [3, 4]: 1 — верхняя полость; 2 — перфорированная диафрагма; 3 — нижняя полость

ответные ударники для передачи ударных импульсов в направлении погружения и обратно для облегчения извлечения грейфера УВБ-1 из забоя. Извлечение грунта из прокладываемой

трубы с помощью УВБ-1 осуществляется циклически, но не зависит от периодичности работы гидравлических домкратов, обеспечивающих вдавливание трубы в грунт.

Технологический цикл проходки горизонтальных скважин (рис. 4) включает:

- самодвижение ударного грейфера (за счет асимметрии ударных воздействий и реактивных сил пружин) по трубе до забоя;
- наполнение грунтозаборника при ударно-вибрационном внедрении грейфера в грунт;
- извлечение грейфера статическим усилием или путем самодвижения под действием ударов вибровозбудителя, наносимых в обратном направлении;
- разворот грейфера в вертикальное положение и разгрузка в ударном режиме.

Для снижения усилия извлечения в конструкции УВБ-1 предусмотрена возможность ударов назад при приложении статического усилия для извлечения. Применение УВБ-1 возможно во всем диапазоне грунтовых условий, где обеспечивается статическое вдавливание прокладываемой трубы. Время одного цикла работы установки по очистке от грунта 1 м продавливаемой трубы составляет около 10 мин, при этом время работы на забое не превышает 2–3 мин. УВБ-1 дает возможность полностью исключить ручной труд на забое, повысить производитель-

Рис. 3. Разгрузка грунта при проходке скважин при помощи УВБ-1 [8]

Рис. 4. Схема производства работ по бестраншейной прокладке трубы способом продавливания [9]: 1 — подпорная стена; 2 — башмак опорный; 3 — гидравлические домкраты; 4 — кабельный барабан; 5 — кабель; 6 — направляющее устройство; 7 — приямки; 8 — прокладываемая труба-кожух; 9 — виброгрейфер; 10 — склад труб; 11 — крепление стенок котлована; 12 — грузоподъемный кран; 13 — эстакада с бункером для грунта

ность и безопасность работ. На рис. 5 изображена работа ударно-вибрационного грейфера при горизонтальной проходке скважины диаметром 1000 мм в плотных суглинках.

Для этого способа канал в грунте выполняют посредством ударно-вибрационного внедрения трубы, грунт из которой при необходимости извлекают виброударной желонкой. Следует отметить, что такой способ эффективен при проходке плотных грунтов. Однако при ударном воздействии на массив грунта грунт может передавать динамическое воздействие, которое в свою очередь в некоторых случаях приводит к просадкам поверхности грунта, под которой выполняют прокладку. В таких условиях следует выполнять геотехнический мониторинг территории и расположенных на ней конструкций и на основании получаемых результатов корректировать технологический режим проходки.

При проходке периодически выбирают керн грунта и извлекают его на поверхность желонкой.

Анализ применения вибрационной технологии в работе [8] по бестраншейной прокладке трубопроводов показывает следующие ее преимущества:

- возможность комплексной механизации работ с исключением ручного труда;
- уменьшение объема подготовительных работ;
- сокращение сроков устройства переходов через препятствия.

Отказ от привлечения ручного труда для извлечения грунта из внутренней полости продавливаемых труб-кожухов может быть достигнут двумя путями:

- 1) применением совковых рабочих органов различной конфигурации, фиксируемых в ноже-

Рис. 5. Горизонтальная проходка скважин с помощью УВБ-1 [8]

вой секции и заполняемых грунтом в процессе продавливания трубы-кожуха;

2) использованием ударно-вибрационных желонки и грейферов, внедряющихся в грунт под действием ударных импульсов независимо от движения трубы-кожуха.

Следует отметить, что указанные режимы имеют перспективы развития в настоящее время, так как позволяют выполнять работы с минимальными энергозатратами в плотных породах без применения дорогостоящего оборудования.

Выводы. Применение виброгрейфера при выполнении специальных видов строительных работ может заменить собой дорогостоящее оборудование, упростить технологию, свести к минимуму ручной труд и повысить темпы и производительность работ.

Следует отметить, что актуальность применения данного способа не утратила свои преимущества и в настоящее время, раскрывающиеся при необходимости работ в стесненных условиях строительства.

Авторы видят перспективы применения виброгрейфера при устройстве выемок в грунте при реализации способа «сверху вниз», когда не-

обходимо извлекать грунт из технологических отверстий в перекрытиях, в том числе в условиях реконструкции, при необходимости углубления подвалов в существующих зданиях.

Не следует забывать успешный отечественный опыт применения рассматриваемого оборудования для устройства свай-оболочек большого диаметра с извлечением грунта или траншейных свай-баретт с извлечением грунта. В настоящее время вибрационные грейферы производит Охтинский завод строительных машин, расположенный в Санкт-Петербурге.

Библиографический список

1. Верстов В. В. Результаты исследований по контролю и снижению уровня динамического воздействия на окружающие сооружения при вибропогружении шпунта // Вестник отделения строительных наук РААСН. 2010. Вып. 14. Т. 2. 372 с.
2. Верстов В. В., Перлей Е. М., Гольденштейн И. В. Современные вибрационные технологии для устройства набивных свай и траншейных фундаментов с применением вибропогружателя В-402 // Монтажные и спец. работы в строительстве. 2000. № 9. С. 4–10.
3. Трофимов В. Е. Особенности процесса образования грунтовой пробки в полости грунтозабор-

ника виброгрейфера // Технология и оборудование для специальных строительных работ: сб. науч. тр. ВНИИГС. Л., 1984. С. 3–12.

4. Цейтлин М. Г., Совков Г. В., Верстов В. В., Жачкин Ю. В., Балабашкин Ю. В. Виброгрейферы продольно-вращательного действия для проходки скважин и извлечения грунта из колодцев-оболочек. Л.: ЛДНТП, 1970. 20 с.

5. Цейтлин М. Г., Верстов В. В., Жачкин Ю. В. Проходка скважин большого диаметра виброгрейфером продольно-вращательного действия // Механизация строительства. 1969. № 5. С. 24–26.

6. Юдина А. Ф., Тилинин Ю. И. Возведение монолитных фундаментов. СПб.: СПбГАСУ, 2019. 194 с.

7. Бахронов Р. Р., Абелев К. М., Некрылов В. Б. Результаты исследования особенностей строительства зданий и сооружений на территориях с водонасыщенными глинистыми грунтами // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 8. С. 57–59.

8. Verstov V. V., Judina A. F. Improving Technological Processes for Borehole Drilling in Construction Using Vibration Impact // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725–726. Pp. 220–225.

9. Gajdo A. N., Verstov V. V., Judina A. F. Comparative Efficiency Investigation of Various Types of Dynamic Influences on the Dipped Pile (Сравнительная эффективность погружения свай при различных динамических воздействиях) // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. No. 6. Pp. 817–822. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.23.06.13109.

References

1. Verstov V. V. Rezul'taty issledovaniy po kontrolyu i snizheniyu urovnya dinamicheskogo vozdeystviya na okruzhayushchie sooruzheniya pri vibropogruzhении shpunta [Results of research on controlling and reducing the level of dynamic impact on surrounding structures during vibration loading of the sheet pile]. Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk RAASN – Bulletin of the Department of Construction Sciences RAASN, 2010, iss. 14, vol. 2, 372 p.

2. Verstov V. V., Perley E. M., Goldenshteyn I. V. Sovremennye vibratsionnye tekhnologii dlya ustroystva nabivnykh svay i transheynykh fundamentov s primeneniem

vibropogruzhatelya V-402 [Modern vibration technologies for making packed piles and trench foundations with the use of V-402 vibration loader]. Montazhnye i spets. raboty v stroitel'stve – Installation and special works in construction, 2000, no. 9, pp. 4–10.

3. Trofimov V. E. Osobennosti protsessa obrazovaniya gruntovoy probki v polosti gruntozabornika vibrogreyfera [Features of the process of soil plug formation in the cavity of the vibration dredger]. Tekhnologiya i oborudovanie dlya spetsial'nykh stroitel'nykh rabot: sb. nauch. tr. VNIIGS [VNIIGS coll. works "Technology and equipment for special construction works"]. Leningrad, 1984, pp. 3–12.

4. Tseytlin M. G., Sovkov G. V., Verstov V. V., Zhachkin Yu. V., Balabashkin Yu. V. Vibrogreyfery prodol'no-vrashchatel'nogo deystviya dlya prokhodki skvazhin i izvlecheniya grunta iz kolodtsev-obolochek [Vibrating grabs of longitudinal-rotational action for sinking wells and extracting soil from shell wells]. Leningrad, LDNTP Publ., 1970, 20 p.

5. Tseytlin M. G., Verstov V. V., Zhachkin Yu. V. Prokhodka skvazhin bol'shogo diametra vibrogreyferom prodol'no-vrashchatel'nogo deystviya [Sinking of large-diameter wells with a vibrating grab of longitudinal-rotational action]. Mekhanizatsiya stroitel'stva – Mechanization of construction, 1969, no. 5, pp. 24–26.

6. Yudina A. F., Tilinin Yu. I. Vozvedenie monolitnykh fundamentov [Construction of monolithic foundations]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2019, 194 p.

7. Bakhronov R. R., Abelev K. M., Nekrylov V. B. Rezul'taty issledovaniya osobennostey stroitel'stva zdaniy i sooruzheniy na territoriyakh s vodonasyshchennymi glinistymi gruntami [Results of research of construction features of buildings and structures on territories with water-saturated clay soils]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction, 2010, no. 8, pp. 57–59.

8. Verstov V. V., Judina A. F. Improving technological processes for borehole drilling in construction using the vibration impact. Applied Mechanics and Materials, 2015, vol. 725–726, pp. 220–225.

9. Gajdo A. N., Verstov V. V., Judina A. F. Comparative efficiency of pile sinking under various dynamic influences. World Applied Sciences Journal, 2013, vol. 23, no. 6, pp. 817–822. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.23.06.13109.