

В.А. Пенчук, д-р техн. наук, проф.; Д. Г. Белицкий

**«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И
АРХИТЕКТУРЫ»**

Макеевка, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ГРУНТА ГРЕЙФЕРНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

В статье представлены результаты исследования возможности повышения эффективности разработки грунтов грейферным рабочим органом путем дооснащения его центральным винтовым якорем. Приведено теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение эффективности такого грейфера.

Для эффективной разработки связных грунтов грейферами необходимо создавать значительные усилия внедрения ковша в массив. Напорные усилия в традиционных конструкциях грейферов обеспечиваются лишь весом экскаватора. Разработка специальных грейферов с винтовым якорем, обеспечивающим замкнутый силовой поток, является одним из направлений их совершенствования при снижении энерго- и материалоемкости разработки связного грунта. Для широкого внедрения конструкций новых и нетрадиционных земляных грейферов целесообразно разработать конкретные рекомендации по расчету и выбору винтового якорного устройства [1, 2].

Системный анализ отечественной и зарубежной патентно-лицензионной и научно-технической литературы по грейферным рабочим органам (глубиной в 40 лет) позволил выявить наличие целого ряда технических решений конструкций специальных ковшей для связных и прочных грунтов. По технической сути все их многообразие можно свести к трем характерным группам: снижающие сопротивление грунта внедрению, увеличивающие напорные усилия, использующие заякоревывающие силы [3–8].

Целью данной работы является обоснование эффективности применения для разработки грунтов грейферных рабочих органов дооборудованных центральным винтовым якорем.

Применение центрального винтового якоря позволяет обеспечивать усилие достаточное для разработки прочных грунтов, при этом оно не зависит от параметров экскаватора и растет прямопропорционально увеличению прочности массива грунта [2, 9].

Выбор рационального диаметра винтовой лопасти ($D_{л}$), который определяет размер тела выпора по поверхности грунта ($D_{в}$), необходимо производить с учетом размеров периметра раскрытия челюстей грейфера (рис. 1).

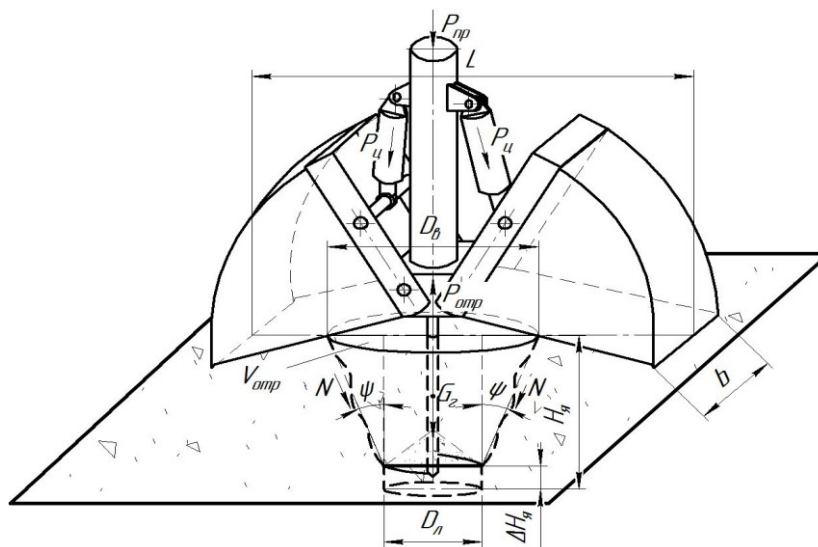


Рис. 1. Расчетная схема грейферного ковша с центральным винтовым якорем

После погружения якоря, путем закрытия челюстей грейфера, обеспечивается отрыв якорем некоторого центрального объема грунта (тела выпора) и срез оставшегося грунта в сторону вновь образовавшихся открытых поверхностей массива.

Экспериментальные исследования грейферного ковша вместимостью $q = 0,25 \text{ м}^3$, оснащенного винтовым якорем проводились на грунтах IV – й категории (рис. 2). Копание производилось без напорных усилий со стороны экскаватора, максимальные усилия в гидроцилиндрах закрытия челюстей наблюдались в начале процесса и составляли 20...60 кН, коэффициент наполнения ковша достигал $K_n = 0,4...0,6$. (Следует отметить, что традиционные грейферные экскаваторы 2-й размерной группы вообще не способны разрабатывать грунты IV – й категории) [1]. С увеличением диаметра винтовой лопасти и глубины её погружения по параболической зависимости растет масса разработанного грунта и, следовательно, коэффициент наполнения ковша. После математической обработки результатов экспериментальных исследований получены уравнения регрессии среднего усилия ($P_{ц}$) в гидроцилиндрах закрытия челюстей и объема ($V_{гр}$) разработанного грунта, что позволило определить энергоемкость разработки грунта грейфером с винтовым якорем (рис. 3).

$$P_{ц} = 94,46 - 135,85H_{я} - 688,07D_{л} - 112,05H_{я}D_{л} + 3688H_{я}^2 + 1923,2D_{л}^2;$$

$$V_{гр} = 0,234164 - 1,22917H_{я} - 1,116666D_{л} + 3,5H_{я}D_{л} + 1,625H_{я}^2 + D_{л}^2,$$

где $D_{л}$ – диаметр винтовой лопасти; $H_{я}$ – глубина его погружения.



Рис. 2. Характерные этапы разработки грунта грейфером с винтовым якорем: а – нагружение массива грунта винтовым якорем; б – разрушение массива якорем; в – захват оторванного кома грунта и разработка ослабленного массива

Основной объем разработанного грунта составляет ком, оторванный винтовым якорем, усилие отрыва которого растет прямопропорционально, что обуславливает пропорциональный рост усилия в гидроцилиндрах закрытия челюстей грейфера.

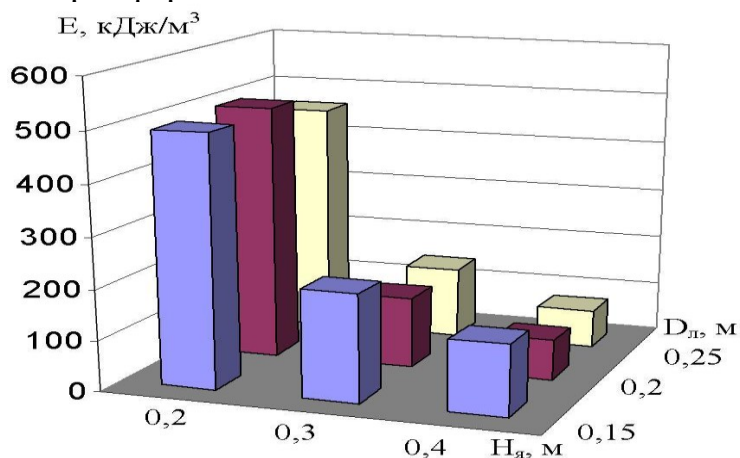


Рис. 3. Влияние параметров винтового якоря на энергоемкость процесса копания

В табл. 1 приведены сопоставительные данные сравнения грейфера оборудованного центральным винтовым якорем и грейфера оборудованного центральным буровым рабочим органом (обеспечивающих разработку прочных грунтов) по системе основных показателей [10].

Как видно из представленных данных (табл. 1), способ разработки прочных грунтов грейферным ковшом с центральным винтовым якорем, в котором якорь выдергивают из грунта за счет смыкания челюстей грейфера, а выдергивание якоря сопровождается отделением кома грунта от массива, при этом, за счет усилия отрыва кома грунта, режущие кромки челюстей ковша погружаются в массив грунта, весьма эффективен.

Табл. 1. Оценка эффективности использования на грунтах IV категории экскаваторов, оборудованных грейферным ковшом вместимостью 0,25 м³

Показатель	Размерность	Обозначение*	Условия оптимизации	ЭО-2621, ковш с винтовым якорем	ЭО-2621, ковш с буром
Производительность	м³/ч	$П = \frac{3600 \cdot q \cdot K_n}{t_u \cdot K_n}$	$P \rightarrow \max$	26,53	22,17
Энергоемкость	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$	$N_{\text{уд}} = N / П$	$N_{\text{уд}} \rightarrow \min$	2,096	2,51
Материалоемкость	$\frac{\text{кг} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$	$G_{\text{уд}} = G / П$	$G_{\text{уд}} \rightarrow \min$	239,9	297,7
Обобщенный показатель энергоемкости и материалоемкости	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{кг}}{(\text{м}^3 / \text{ч})^2}$	$П_{\text{NG}} = \frac{N \cdot G}{П^2}$	$П_{\text{NG}} \rightarrow \min$	502,8	746,7
Приведенные удельные затраты	$\frac{\text{грн} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$	$Z_{\text{уд}} = Z / П$	$Z_{\text{уд}} \rightarrow \min$	4879	7192

Примечание: * G – общая масса машины; N – мощность двигателя; Z – приведенные затраты

Выводы

1. Грейферные рабочие органы с центральным приводным якорем могут обеспечивать дополнительные усилия пригруза (40...90 кН), что позволяет погружать челюсти грейфера в массив грунта с сопротивлением одноосному сжатию $\sigma_0 = 0,2...0,6$ МПа, при этом с увеличением прочности грунта пропорционально растет дополнительное усилие, обеспечиваемое винтовым якорем.

2. При разработке грунта IV категории ковшем грейфера вместимостью $q = 0,25 \text{ м}^3$, без внешнего пригруза со стороны базовой машины коэффициент наполнения ковша увеличивается в несколько раз до $K_n = 0,4...0,6$, при этом производительность разработки грунта составляет $18,5...26,5 \text{ м}^3/\text{ч}$.

3. Для дальнейшего повышения эффективности разработки грунта грейферами с винтовым якорем необходимо обеспечить, чтобы конфигурация тела выпора (усеченный конус, усеченная пирамида, усеченный эллиптический конус и т.д.) была подобна площади раскрытия челюстей грейфера (круг, прямоугольник, эллипс и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пенчук, В. А.** Специальные грейферы для земляных работ / В. А. Пенчук, Д. Г. Белицкий // Интерстроймех-2009: материалы междунар. науч.-техн. конф., 15-17 сентября 2009 г. – Бишкек, 2009. – С.39–43.

2. **Пенчук, В. А.** Математическая модель процесса погружения челюстей грейфера в связный грунт / Пенчук В. А., Белицкий Д.Г. // Интерстроймех-2009: материалы междунар. науч.-техн. конф., 15-17 сентября 2009 г. – Бишкек, 2009. – С.43–46.

3. **Пенчук, В. А.** История и перспективы развития грейферных рабочих органов / В. А. Пенчук, Д. Г. Белицкий // Вестник ХНАДУ. – 2007. – Вып. 38. – С. 36–38.

4. **А.с. 1133351 СССР, МКИ³ Е 02 F 3/413.** Рабочее оборудование одноковшового экскаватора / Л. А. Хмара, А. И. Голубченко, В. В. Мелашич, С. И. Братченко (СССР). – № 3663437/22-03; заявл. 21.11.1983; опубл. 07.01.1985. Бюл. № 1.

5. **Смородинов, М. И.** Устройство фундаментов и конструкций способом «Стена в грунте» / М. И. Смородинов, Б. С. Федоров. – М. : Стройиздат, 1976. – 128 с.

6. **Пат. 45306 Japan, Int. Cl² Е 02 F 3/44.** 日本分類. – заявл. 03.10.74; опубл. 09.04.76, Бюл. №3.

7. **Таубер, Б. А.** Грейферные механизмы / Б. А. Таубер. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 268 с.

8. **Пат. 75788 Україна, МПК⁷ Е 02 F 1/00, В 66 С 3/00, Е 02 F 3/40, Е 02 F 3/46.** Спосіб виймання міцного ґрунту ковшем грейфера / Пенчук В.О, Белицький Д.Г.; заявник та власник Пенчук В.О, Белицький Д.Г. – № 20040706262; заявл. 27.07.04; опубл. 15.05.06, Бюл. № 5.

9. **Пенчук, В. А.** Винтовые сваи и анкеры для опор: монография / В. А. Пенчук. – Донецк : изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение), 2010. – 179 с.

10. **Машины для земляних робіт: навчальний посібник** / Хмара Л.А. [и др.] / Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.