

В. А. ПЕНЧУК, докт.техн.наук, **Д. Г. БЕЛИЦКИЙ**, канд.техн.наук,
В. М. ГАВЕНКО, канд.техн.наук, **И. В. ГОЛУБОВ**, магистр
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОБОСНОВАНИЕ ПРИВОДА ВИНТОВОГО ЯКОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСАМОТОРМОЗЯЩЕЙСЯ ВИНТОВОЙ ПАРЫ

Постановка проблемы. Винтовые сваи и якоря находят все большее применение в различных областях строительства, а также в конструкциях строительных и дорожных машин. Применение винтовых якорей и анкеров в конструкциях рабочих органов землеройных машин позволяет резко снизить массу и энергонасыщенность базовых машин. Проблема снижения металлоемкости и энергоемкости машин была и будет всегда актуальна.

Анализ последних исследований и публикаций. Конструктивная схема винтовой якорной опоры, по которой внутри гидроцилиндра помещен винт, взаимодействующий с поршнем-гайкой посредством винтовой несамотормозящейся нарезки, предложена в работах профессора В.А. Пенчука [1, 2]. Использование такого рода приводных винтовых якорей в конструкции грейферных ковшей [3, 4, 5] позволяет повысить эффективность разработки грунтов IV-V категории прочности [6].

Механизм завинчивания якоря для строительной машины должен иметь незначительный собственный вес и габариты, возможность крепления к раме основной машины или к ее рабочему органу, также обеспечивать быстрое завинчивание и вывинчивания якоря [7].

Цель статьи: установление силовых и энергетических параметров приводов с использованием винтовой несамотормозящей пары на базе типовых гидроцилиндров.

Основные материалы исследований. На кафедре «ПТСДМО» ДонНАСА изготовлена и исследуется винтовая якорная опора, выполненная на базе типового гидроцилиндра, схема которой приведена на рис. 1. Винт 1 взаимодействует с поршнем-гайкой 2, который расположен внутри гидроцилиндра. В собранном состоянии опоры винт 1, имея закрепленный верхний конец, проходит сквозь поршень-гайку и размещается в полости штока.

При подаче давления в верхнюю рабочую камеру гидроцилиндра поршень-гайка 2 начинает перемещаться вниз с одновременным вращением по винту 1. Так как поршень

жестко связан со штоком, то винтовой наконечник будет ввинчиваться в массив грунта.

При подаче давления в нижнюю рабочую камеру гидроцилиндра происходит принудительное вывинчивание якоря из грунта.

Как видно из представленной схемы (рис. 1), происходит взаимодействие 2-х винтовых пар: первая – верхняя «поршень-гайка – винт», а вторая – нижняя «винтовой якорь – грунт».

Максимальный крутящий момент, возникающий в паре «поршень-гайка – винт», равен:

$$M_{\max} = P_{\text{ос}} \operatorname{tg}(\alpha_{\text{в}} - \varphi) \frac{d_{\text{ср}}^{\text{в}}}{2}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ос}}$ – осевая сила давления гайки на винт;

$d_{\text{ср}}^{\text{в}}$ – средний диаметр винтовой нарезки; $\alpha_{\text{в}}$ – угол подъема винтовой линии; φ – угол трения.

Учитывая, что по щелям винтовой пары «поршень-гайка – винт» возможно прохождение жидкости, то осевая сила может быть представлена как:

$$P_{\text{ос}} = p_{\text{н}} \frac{\pi D_{\text{п}}^2}{4}, \quad (2)$$

где $p_{\text{н}}$ – давление в гидросистеме; $D_{\text{п}}$ – диаметр поршня.

Согласно рис. 2 активный крутящий момент можно представить как:

$$M_{\max} = \left(p_{\text{н}} \frac{\pi D_{\text{п}}^2}{4} - Q_{\text{ст}} - Q_{\text{к}} - Q_{\text{л}} \right) \operatorname{tg}(\alpha_{\text{в}} - \varphi) \frac{d_{\text{ср}}^{\text{в}}}{2}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{ст}}$, $Q_{\text{к}}$, и $Q_{\text{л}}$ – соответственно, сопротивления при погружении в грунт ствола якоря, конической части наконечника и поверхности лопасти.

Движение винтовой лопасти в грунте возможно, если момент активных сил в паре винт-гайка больше суммарного момента сопротивления завинчиванию лопасти в грунт $M_{\text{акт}} > \Sigma M_{\text{сопр}}$. Распределение моментов и осевых сил в винтовых парах зависит от соотношения шага лопасти и винта (рис. 2).

Для экспериментальных исследований был изготовлен рассматриваемый привод

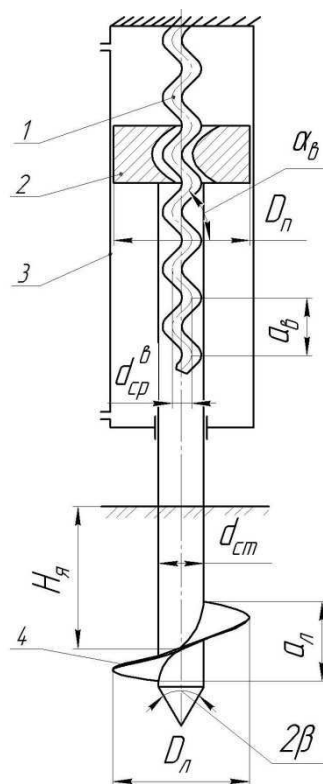


Рис. 1. Кинематическая схема приводного винтового якоря, где: $D_{\text{п}}$ – диаметр поршня; $d_{\text{ср}}^{\text{в}}$ – средний диаметр винтовой нарезки, $\alpha_{\text{в}}$ – угол подъема винтовой линии; $a_{\text{в}}$ – шаг винта, $D_{\text{л}}$ – диаметр винтовой лопасти, $a_{\text{л}}$ – шаг винтовой лопасти; 2β – угол заострения конусного наконечника; $d_{\text{ст}}$ – диаметр штока гидроцилиндра; $H_{\text{я}}$ – глубина погружения якоря.

(рис. 3) на базе типового гидроцилиндра с параметрами: $D_{\text{п}} = 0,12$ м – диаметр поршня; $a_{\text{в}} = 0,12$ м – шаг винта; $d_{\text{ср}}^{\text{в}} = 0,038$ м – средний диаметр винта; $d_{\text{нар}}^{\text{в}} = 0,043$ м – наружный диаметр винта; $\alpha = 45^\circ$ – угол подъема винтовой линии винта; $H_{\text{я}} = 0,4$ м – ход поршня.

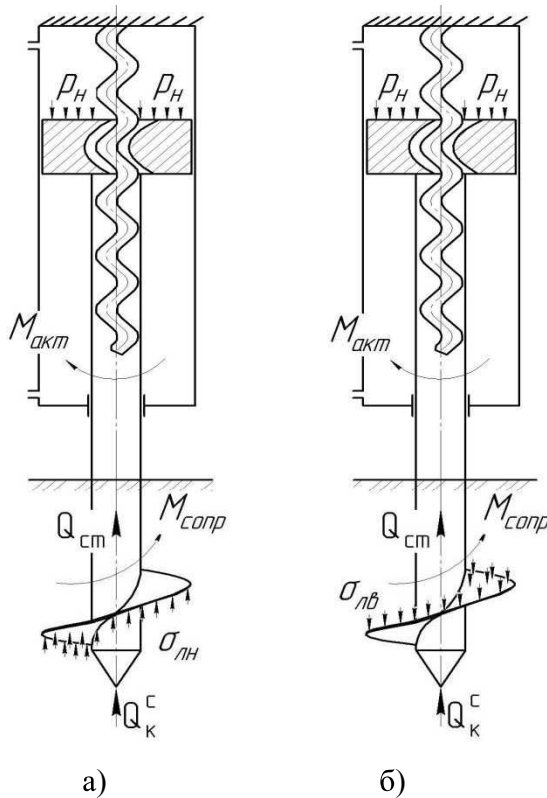


Рис. 2. Схема нагрузок действующих на приводной винтовой якорь: а - при $a_{\text{л}} < a_{\text{в}}$; б - при $a_{\text{л}} > a_{\text{в}}$, где: $p_{\text{н}}$ – давление в гидросистеме; $M_{\text{акт}}$ – активный крутящий момент; $M_{\text{сопр}}$ – суммарный момент сопротивления завинчиванию; $\sigma_{\text{лн}}$ и $\sigma_{\text{лв}}$ – давление грунта на нижнюю и верхнюю поверхность лопасти.



Рис. 3. Привод поступательно-вращательный на базе типового гидроцилиндра: а – общий вид; б - встраиваемая несмазочная винтовая пара.

Экспериментальные исследования указанного привода подтвердили его работоспособность при простоте обслуживания и малом весе.

Для установления реальных параметров привода выполнен численный анализ процесса погружения винтовой лопасти диаметром $D_{\text{п}} = 0,2$ м на глубину $H_{\text{я}} = 0,4$ м в грунт IV-й категории. На рис. 4 представлены зависимости $M_{\text{акт}}$ и $M_{\text{сопр}}$. Характер зависимостей показывает: целесообразно чтобы шаг винтовой лопасти совпадал с шагом винтовой пары привода.

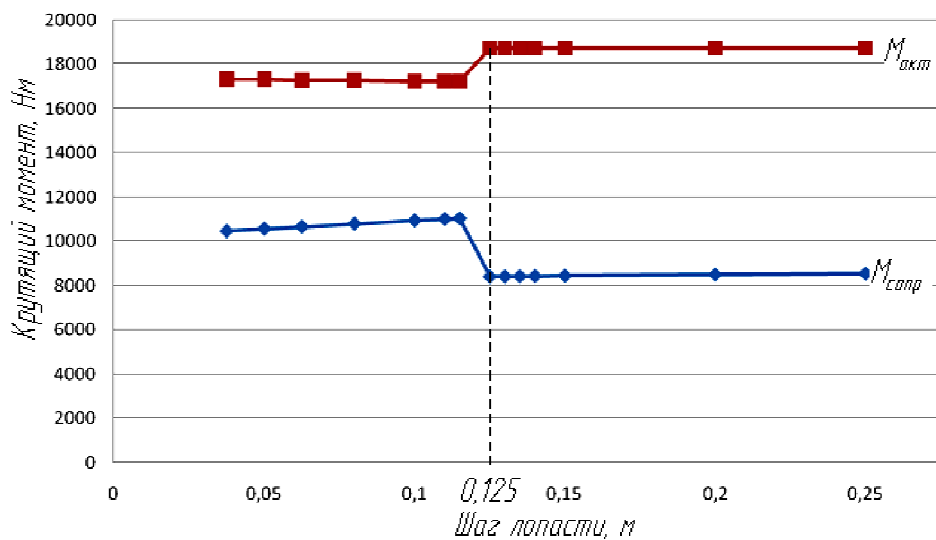


Рис. 4. Зависимости активного крутящего момента ($M_{акт}$) и момента сопротивления завинчиванию ($M_{сопр}$) от шага лопасти ($a_л$) для сконструированного поступательно-вращательного привода с шагом винта $a_в = 0,12$ м.

Активным крутящим моментом, в соответствии с зависимостью (1) можно управлять, задаваясь диаметром поршня и давлением гидроцилиндра. Для изготовленной несамотормозящейся винтовой пары выполнен численный анализ приводов на базе гидроцилиндров общего назначения по ОСТ 22-1417-79 [8]. На рис. 5 представлены результаты численного анализа, которые позволяют утверждать – можно создать крутящий момент до 370000 Нм. В соответствии с данными [1, 2, 4] такой крутящий момент позволит погружать в грунт IV-й категории винтовые якоря с диаметром лопасти $D_л = 0,4...0,5$ м.

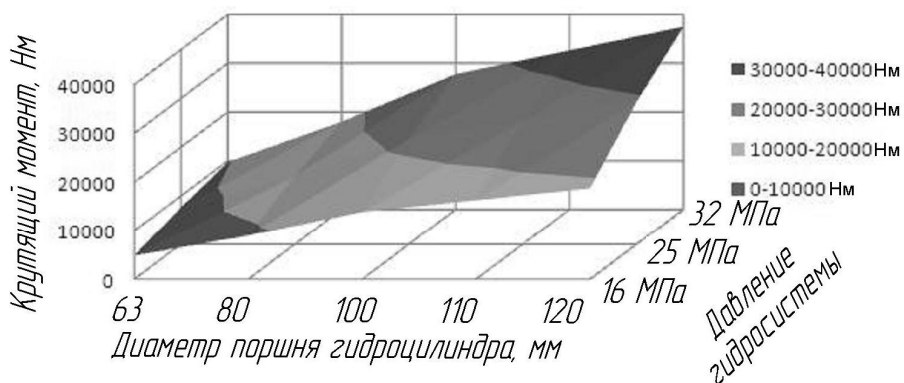


Рис. 5. Зависимость активного крутящего момента от давления в гидросистеме и диаметра поршня типового гидроцилиндра.

Выводы. 1. Привод на базе несамотормозящейся винтовой пары, помещенной внутри типового гидроцилиндра, работоспособен и при определенных параметрах

создает крутящий момент завинчивания до 37000 Нм. 2. Полученные зависимости для активного крутящего момента позволяют выбирать требуемый диаметр гидроцилиндра при определенном давлении в гидросистеме. 3. Шаг винтового якоря должен совпадать с шагом винтовой пары привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пенчук В.А. Исследование и создание винтовых якорных опор, применяемых для стабилизации строительных машин: дис. кандидата техн. наук: 05.05.04 / Пенчук Валентин Алексеевич. – М., 1979. – 202 с.

2. Пенчук В.А. Винтовые сваи и анкеры для опор [2-е изд., переработ. и доп.] / Пенчук В.А. – Донецк: изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение), 2010. -179 с.

3. А.с. 1033649 СССР, Кл Е 02 F 3/44. Грейфер/ В. А. Пенчук, А. И. Тимошко, С. М. Губанов, А. А. Шкромада, И. Г. Хайлов (СССР). - № 3421002/22-03; заявл. 08.04.1982; опубл. 07.08.1983. Бюл. № 29.

4. Пенчук В.А. Комбинированные рабочие органы землеройных машин. дис. ... доктора техн. наук: 05.05.04 / Пенчук Валентин Алексеевич. – К., 2004. -340с.

5. Пат. 46047 Україна, МПК Е 02 F 3/42. Грейфер з приводним якорем / Пенчук В.О, Белицкий Д.Г., Силюк Д.І.; заявник та власник Пенчук В.О, Белицкий Д.Г., Силюк Д.І. - № u200905370; заявл. 28.05.09; опубл. 10.12.09, Бюл. № 23.

6. Белицкий Д.Г. Повышение эффективности разработки грунта грейферным рабочим органом: дис. кандидата техн. наук: 05.05.04/ Белицкий Дмитрий Григорьевич. – Макеевка., 2011. – 162 с.

7. Пенчук В.А. Специальные грейферы для земляных работ / Пенчук В.А., Белицкий Д.Г. Голубов И.В.// Материалы международной научно-технической конференции «Интрстроимех-2013» / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2013. – С.173-177.

8. ОСТ 22-1417-79. Гидроцилиндры общего назначения. <http://www.techtorg.ru>.