

УДК 62-768

А.С. Слюсарев, А.С. Яблоков

**ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ И КОНСТРУКЦИИ  
ГИДРОТРАНСФОРМАТОРОВ В ПРИВОДАХ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМОВ  
ПЛАВУЧИХ КРАНОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ВОДОЙ**

Волжская государственная академия водного транспорта

Рассмотрены последствия явления «присоса» грейфера для плавучих кранов, занимающихся подводной добычей. Приведено решение проблемы – включение в привод механизма подъема гидротрансформатора, а также сформулированы требования к характеристикам и конструкции для такого гидротрансформатора.

*Ключевые слова:* гидротрансформатор, насосное колесо, турбинное колесо, реакторное колесо, грейфер.

При подводной добыче плавучими кранами в качестве грузозахватного органа используется грейфер. Механизм подъема и зачерпывания грейфера плавучего крана не отличается от механизма подъема порталного крана, на котором при перегрузке сыпучих материалов так же в качестве грузозахватного органа используется грейфер. Однако при работе грейфера в водонасыщенном материале под водой при его зачерпывании и подъеме возникают дополнительные гидростатические силы: «присоса», фильтрации, гидростатики и вязкостного течения материала в грейфере, зависящие от скорости зачерпывания материала и отрыва грейфера, что приводит к нагрузкам в канатах механизма подъема и металлоконструкции крана. Этот эффект, возникающий в краткий промежуток времени, может превышать на 50% допускаемые нагрузки на кран и является «пиковым» [1].

Пиковые нагрузки возникают из-за физических процессов, происходящих при зачерпывании водонасыщенного материала под водой. Фильтрация воды через поры материала при его сжатии, в момент схождения челюстей грейфера, поступление воды под днище грейфера для компенсации «присоса» грейфера из-за гидростатического давления столба жидкости.

Гидротрансформатор позволяет автоматически регулировать скорость подъема и замыкания грейфера путем создания обратной связи между нагрузкой на канатах и скоростями зачерпывания и подъема грейфера. Они позволяют гладко менять передаточное отношение от двигателя к редуктору в 3,5 раза в сторону увеличения, соответственно увеличивая крутящий момент на валу редуктора, что и позволят преодолевать эффект «пиковых» нагрузок. Кроме того, гидротрансформатор является средством, предохраняющим привод от любых перегрузок, так как передача крутящего момента в нем осуществляется через жидкость, а не через жесткую кинематическую связь.

Как показали исследования [2], несмотря на некоторое снижение к.п.д. привода, вследствие возникновения дополнительных потерь в гидротрансформаторе, обеспечивается рост производительности при приемлемой стоимости гидротрансформатора, соизмеримой со стоимостью среднего ремонта механизма подъема. Средняя стоимость гидротрансформатора составляет 30 тыс. руб. – цифра соизмеримая со стоимостью среднего ремонта плавучего крана. Установлено также, что благодаря высоким защитным свойствам надежность электродвигателя повышается в 1,4–1,5 раза, а долговечность редуктора и элементов механической передачи в 2,0 раза.

Анализ свойств и характеристик существующих гидротрансформаторов [2, 3] позволяет сформулировать предъявляемые к ним требования при установке в механизме подъема плавучего крана:

1. Гидротрансформатор, обладая высоким быстродействием, должен иметь соответствующие демпфирующие свойства, позволяющие избежать действие на его работу высоких частотных колебаний в канатах механизма подъема.

2. Гидротрансформатор должен обеспечивать работу электродвигателя привода в оптимальных режимах, не переходя в режимы, когда вся подводимая мощность расходуется на «мятие» жидкости. Таким требования отвечают полностью «непрозрачные» гидротрансформаторы [2, 4, 5], но создание гидротрансформаторов данного типа проблематично [4, 6], поэтому целесообразно применять гидротрансформаторы с малой степенью «прозрачности», в пределах  $1,0 \dots 1,1$  в основной рабочей зоне.

Прозрачность - свойство насосного колеса изменять величину крутящего момента при изменении передаточного отношения гидротрансформатора. Если с изменением передаточного отношения крутящий момент на насосном колесе остается постоянным, то гидротрансформатор называется «непрозрачным».

3. Гидротрансформатор должен преобразовывать крутящий момент в приводе в полном диапазоне рабочей нагрузки. Для плавучего крана максимальное значение коэффициента трансформации должно лежать в пределах  $1,4 \dots 1,6$  [1]. В пределах указанных значений максимального коэффициента трансформации и принятой степени прозрачности целесообразно применение одноступенчатого гидротрансформатора, обладающего наибольшей простотой конструкции [2, 4, 5].

4. Гидротрансформатор должен иметь устройство для блокировки, с целью обеспечения работы привода с постоянными низкими скоростями, то есть иметь муфту свободного хода.

5. При создании привода механизма подъема с гидротрансформатором необходимо совмещать исходные характеристики асинхронного электродвигателя и гидротрансформатора, что осуществляется совмещением номинального момента электродвигателя с зоной максимального к.п.д. гидротрансформатора. В этом случае преобразующие свойства гидротрансформатора используются при всех режимах работы привода с реализацией положительных качеств применительно к подводной добыче.

На основании сформулированных требований необходимо подобрать следующие параметры гидротрансформатора механизма подъема плавучего крана.

Оптимальным является одноступенчатый гидротрансформатор, отличающийся сравнительно простой конструкцией и наиболее дешевый в производстве.

Характеристики гидротрансформаторов определяются зависимостями  $K = f(i)$ ;  $\eta = f(i)$ ;  $\lambda_1 = f(i)$ , где  $K$  - коэффициент трансформации (силовое передаточное число);  $\eta$  - коэффициент полезного действия;  $\lambda_1$  - коэффициент момента ведущего вала (характеризует свойства передачи нагружать двигатель);  $i$  - передаточное отношение.

Изменение указанных характеристик определяются параметрами круга циркуляции и углами наклона лопаток в колесах (насосное, турбинное, реакторное).

В качестве оценочных параметров, характеризующих нагрузочные свойства, используются величины -  $\lambda_{1\max}$ ,  $\lambda_{10}$ ,  $\lambda_{1\min}$ ,  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ , а для определения преобразующие свойств гидротрансформаторов используются величины  $K_0$ ,  $\eta^*$ ,  $i^*$ ,  $K^*$  [7],

где  $\lambda_{1\max}$  - максимальное значение коэффициента момента ведущего вала;

$\lambda_{10}$  - коэффициент момента ведущего вала, соответствующий максимальному значению коэффициента трансформации;

$\lambda_{1\min}$  - минимальное значение коэффициента момента ведущего вала;

$\Pi_1$  - величина прозрачности на участке, соответствующем максимальному значению к.п.д.;

$\Pi_2$  - величина прозрачности на участке, соответствующем минимальному значению к.п.д. в рабочей зоне;

$K_0$  - максимальное значение коэффициента трансформации;

$\eta^*$  - максимальное значение к.п.д. гидротрансформатора;  
 $i^*$  - передаточное отношение, соответствующее максимальному значению к.п.д.;  
 $K^*$  - величина коэффициента трансформации при передаточном отношении, соответствующем максимальному значению к.п.д.;  
 $i_p$  - минимальное значение передаточного отношения в рабочей зоне;  
 $K_p$  - значение передаточного отношения, соответствующее минимальному передаточному отношению в рабочей зоне;  
 $\eta_p$  - значение к.п.д., соответствующее минимальному передаточному отношению в рабочей зоне;

На рис. 1 отображены зависимости основных характеристик при изменении передаточного отношения.

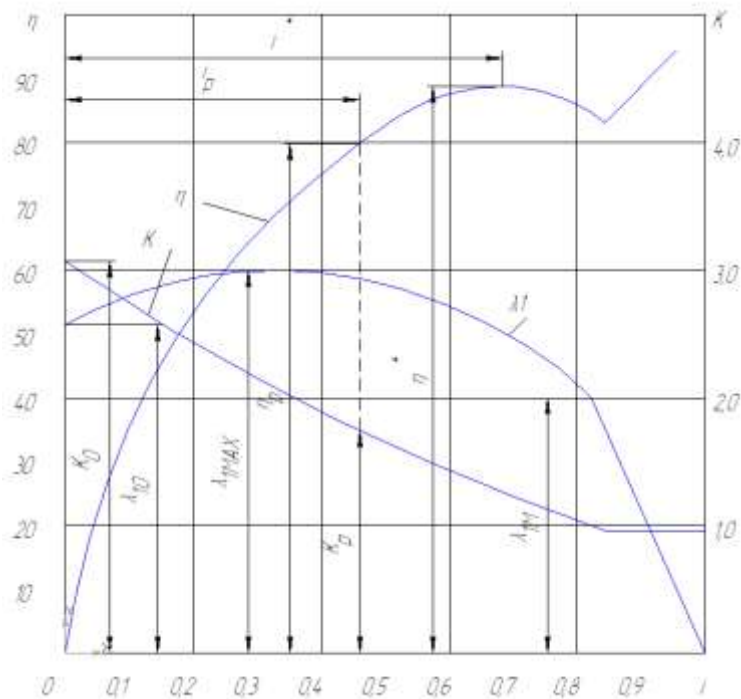


Рис. 1. Характеристика гидротрансформатора и его основные параметры

Указанные свойства зависят от конструкции одноступенчатых гидротрансформаторов. На рис. 2 показаны основные типы одноступенчатых гидротрансформаторов, отличающихся расположением турбинного колеса.

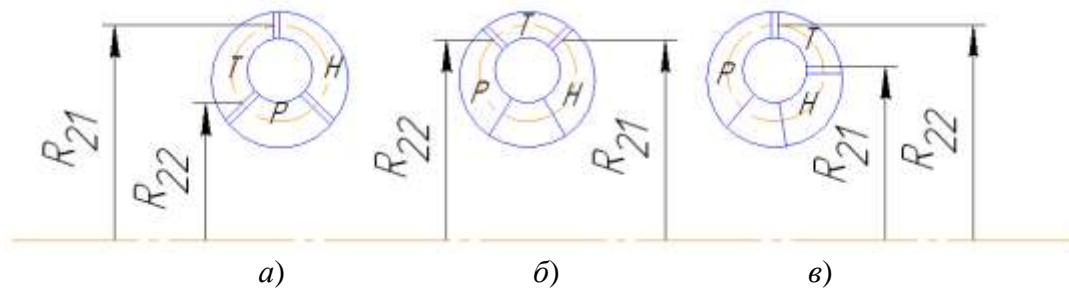
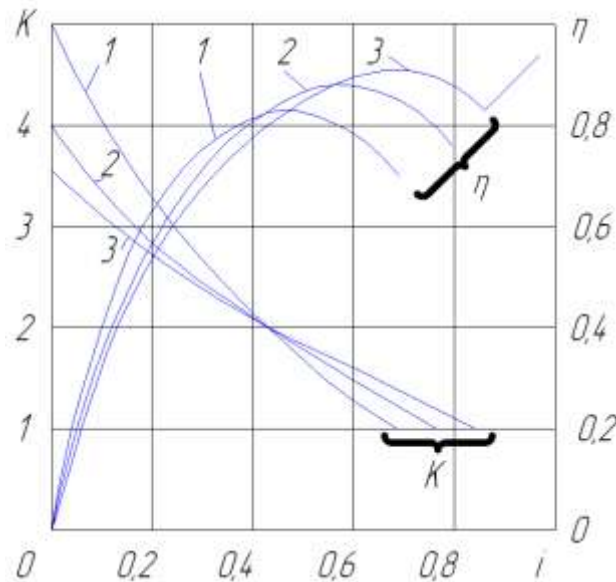


Рис. 2. Типы кругов циркуляции одноступенчатых гидротрансформаторов:

$R_{21}$  - осредненный радиус на входе в турбинное колесо;  
 $R_{22}$  - осредненный радиус на выходе из турбинного колеса

В зависимости от расположения турбинного колеса различают гидротрансформаторы: с центростремительной турбиной (рис. 2, а), осевой турбиной (рис. 2, б) и центробежной турбиной (рис. 2, в).

Типичные зависимости, характеризующие преобразующие свойства одноступенчатых гидротрансформаторов с различными типами турбинных колес, показаны на рис. 3.



**Рис. 3. Преобразующие свойства одноступенчатых гидротрансформаторов:**

1 – гидротрансформатор с центробежной турбиной; 2 – с осевой турбиной;  
3 – с центростремительной турбиной

Основное требование к гидротрансформатору - высокий к.п.д. в рабочей зоне. Это требование наиболее полно можно реализовать в комплексных гидротрансформаторах (с центростремительной турбиной и симметричным расположением насосного и турбинного колес рис. 2, а). Кроме того, в гидротрансформаторах с центростремительной турбиной при установке в колесах реактора муфт свободного хода реализуется эффективная работа в режиме гидромуфты. Отмеченное свойство обусловлено тем, что в гидротрансформаторах указанного типа выход рабочей жидкости из насосного колеса располагается на большем диаметре круга ее циркуляции.

В гидротрансформаторах этого типа можно получить как прозрачную, так и малопрозрачную нагрузочную характеристику. Для механизма подъема желательно иметь малопрозрачную характеристику, что достигается соответствующим выбором формы круга циркуляции и углов наклона лопаток в рабочих колесах.

Приведенный анализ требований к характеристикам и конструкции гидротрансформаторов для привода механизма подъема плавучих кранов, соответствующих условиям и нагрузкам, позволяет сделать вывод, что им наиболее отвечает гидротрансформатор комплексного типа с центростремительной турбиной.

На данный привод механизма подъема, разработанный авторами на кафедре подъемно-транспортных машин Волжской государственной академии водного транспорта, получен патент на полезную модель, а также ведутся работы по дальнейшей разработке и внедрению данного привода.

#### Библиографический список

1. **Никитаев, И.В.** Судовые энергетические грейферные установки для добычи рудных материалов на континентальном шельфе / И.В. Никитаев. – Нижний Новгород: ВГАВТ, 2000. – 26 с.

2. **Анохин, В.И.** Применение гидротрансформаторов на скоростных гусеничных тракторах / В.И. Анохин. – М.: Машиностроение, 1972. – 304 с.
3. О выборе основных параметров гидротрансформатора для гидромеханической трансмиссии скоростного гусеничного сельскохозяйственного трактора / В.И. Анохин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 1985. №10. С. 11–15.
4. **Кочкарев, А.Я.** Гидродинамические передачи / А.Я. Кочкарев. – Л.: Машиностроение, 1971. – 336 с.
5. **Нарбут, А.Н.** Гидротрансформаторы / А.Н. Нарбут. – М.: Машиностроение, 1966. – 218 с.
6. **Анисимов, В.Б.** Гидротрансформаторы для строительных и дорожных машин / В.Б. Анисимов. – М.: Стройиздат, 1967. – 42 с.
7. **Трусов, С.М.** Автомобильные гидротрансформаторы / С.М. Трусов. – М.: Машиностроение, 1977. – 211 с.

*Дата поступления  
редакцию 28.01.2010*

**A.S. Slusarev, A.S. Yablokov**

### **THE REQUIREMENTS TO FEATURE AND DESIGNS OF THE TORQUE CONVERTERS IN LIFTING MECHANISM ASCENT FLOATING CRANES, RUNNING ON WATER**

The article describes the effects of the phenomenon of "sucker" grapple for floating cranes involved in underwater prey. We solve the problem - the inclusion in the drive mechanism for lifting torque converter, as well as the requirements to specifications and designs for such a torque converter.

*Key words:* Torque converter, pump, turbine, reactor, grapple.