

УДК. 621.6.057

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПОГРУЖНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ПРИВОДОМ ОТ ГИДРОТУРБИНЫ ПРИ ОТГРУЗКЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ КРУПНОТОННАЖНЫХ ХРАНИЛИЩ

Давыденко М.И. (Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Научный руководитель – д.т.н., профессор Баранов А.Ю.
(Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Объектом данного исследования являются погружные криогенные насосы для отгрузки СПГ из крупнотоннажных хранилищ. Рассмотрен вариант модернизации насосов СПГ за счет замены электропривода гидротурбиной. Сделано заключение о возможности согласования рабочих колес гидротурбины и центробежного насоса.

Введение. Технологическая схема производства СПГ содержит скрытый источник механической энергии, который можно использовать для привода ПНСПГ. «Жидкостной детандер» (гидротурбина) снижает давление потока СПГ, равное давлению магистрального потока ПГ (7 МПа), до атмосферного. Поток жидкости совершает механическую работу над гидротурбиной, которая в свою очередь вращает электрогенератор и возвращает часть энергии затраченной на сжатие ПГ при подаче в магистральный газопровод. Поток СПГ под давлением 7 МПа обладает значительным запасом количество механической энергии, которую можно использовать для привода в движение рабочего колеса ПНСПГ.

Поток жидкости отбирается через регулирующий вентиль в дополнительную магистраль, которая проходит параллельно основной магистрали подачи жидкости в криогенную накопительную цистерну (емкость) и находится с ней в одной изоляции, что снижает подвод теплоты к этому дополнительному технологическому потоку. Соответственно, в насосный агрегат СПГ приходит в недогретом состоянии, т.е. его свойства адекватны любой традиционной жидкости (воде). Если подать этот поток на гидротурбину, соосно размещённую с ПНСПГ, вся энергия жидкостного потока перейдёт в энергию вращения рабочего колеса турбины и, соответственно, в энергию вращения рабочего колеса насоса. После сброса давления поток СПГ может быть направлен либо в накопительную емкость, либо в трубопровод выдачи СПГ в танкер. Управление гидроприводом обеспечивается запорной арматурой. Использование СПГ в качестве источника энергии снижает проблемы уплотнения подшипников, так как переток жидкости со стороны привода на сторону нагнетания не ухудшают работу насоса.

Основная часть. ПНСПГ с приводом от гидротурбины представляется наиболее оптимальным вариантом исключения эксплуатационных недостатков. Колесо насоса и колесо гидротурбины размещены соосно и находятся на дне цистерны. Поток СПГ раскручивает приводящее колесо и переходит в линию нагнетания, где смешивается с основным потоком СПГ, который засасывается в нагнетательное колесо ПНСПГ через спускные отверстия, расположенные в нижней части насоса. Весь агрегат находится в слое СПГ, поэтому переточки по уплотнениям оси насоса существенного влияния на работы ПНСПГ не оказывают.

Несомненным преимуществом такой схемы является то что, приводящая и подающая жидкости представляю собой одно и то же вещество, что снимает проблемы уплотнения между расширительной частью турбины и нагнетательной частью насоса. Более того, подшипники насоса также могут работать, используя в качестве смазки сам СПГ.

Существуют гидравлические турбины, работающие на криогенных жидкостях. Они используют радиальный впуск текучей среды, что снижает вероятность вскипания

криогенной жидкости и повышает надежность работы турбины. Оптимальным вариантом привода ПНСПГ является использование радиально-осевой гидротурбины в качестве привода центробежного ПНСПГ. При испарении рабочей жидкости не менее 90% криогенного газа выходит из газовой камеры на рабочее колесо турбины.

Необходимо оценить возможность согласования работы колеса гидротурбины с колесом центробежного насоса СПГ. К основным параметрам работы турбины относятся: мощность турбины, обеспечиваемый напор, расход рабочей жидкости через турбину.

Для расчета гидротурбины, работающей на СПГ, принимаем давление жидкости на входе в гидротурбину 7 МПа. Расход жидкости через турбину 2000 м³/ч. Длина подающего трубопровода 0,5 м; диаметр 10 см; материал – сталь с высоким содержанием никеля. С помощью средств MS Excel был проведен расчет основных параметров работы гидротурбины на сжиженном природном газе. По результатам расчета диаметр рабочего колеса гидротурбины составил 165 мм.

Выводы. Описание практического использования результатов исследований, предложения по внедрению (испытание). Полученные значения физических величин являются вполне оптимальными для работы гидротурбины в условиях использования СПГ в качестве рабочей жидкости, следовательно, представленные выше формулы могут быть использованы для расчета гидротурбин в различных режимах работы насосов отгрузки СПГ из крупнотоннажных хранилищ.

Таким образом, в данной работе был проведен анализ основных эксплуатационных недостатков существующих ПНСПГ, определен наиболее оптимальный вариант модернизации конструкции насоса в целях исключения выявленных недостатков. В качестве привода насоса была выбрана радиально-осевая гидравлическая турбина, использующая в качестве рабочей жидкости получаемый на заводе СПГ. Был проведен расчет и анализ полученных значений основных параметров работы гидротурбины. Дальнейшим этапом работы является расчет рабочего колеса центробежного насоса на основании полученных характеристик гидротурбины.