

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ СИСТЕМ ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

В.Г. Гуляев, д-р техн. наук, проф.,
Н.В. Гутаревич, магистант,
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены направления совершенствования энергонасыщенных высоконапорных насосных установок для систем гидропривода механизированных крепей. Предложены методы повышения их технического уровня на стадии проектирования

Ключевые слова: гидрофицированная механизированная крепь, система гидропривода, высоконапорные насосные агрегаты, виброакустические характеристики, способы снижения вибрации и шума, безопасность, надежность

Четко выраженная тенденция усложнения горно-геологических условий применения очистных угледобывающих комплексов обусловила значительное повышение требований к рабочим параметрам и эксплуатационным характеристикам механизированной крепи и ее гидроэнергетической установки (ГЭУ). Это, в первую очередь, относится к показателям безопасности и надежности гидрофицированной механизированной крепи и ее ГЭУ. Энерговооруженность современных отечественных и зарубежных ГЭУ возросла до 300 кВт и выше, а рабочие значения давления до 40-50 МПа, подачи рабочей жидкости до 300-400 л/мин. Это обстоятельство объясняет и повышение виброакустических параметров ГЭУ, так для ГЭУ СНД 300/40 техническими условиями установлен уровень звука 110дБА, что превышает санитарную норму шума 80дБА.

Важным требованием к ГЭУ для механизированных крепей является ее готовность в каждый момент времени обеспечивать выполнение любой операции технологического цикла работы комплекса. Режимы работы ГЭУ в лавах с высокой нагрузкой довольно напряженные: в течение суток высоконапорные насосные агрегаты (ВНА) включены 22-24 часа, от 50% до 70% этого времени они работают в режиме номинальной нагрузки, то есть обеспечивают в гидросистеме крепи номинальные значения давления и расхода рабочей жидкости.

Как показывает опыт эксплуатации современных ГЭУ с ВНА традиционной структуры, их функционирование сопровождается гене-

рированием высоких уровней вибрации и шума, превышающих допустимые санитарные нормы (80 дБА). При этом значительно снижается безопасность эксплуатации ВНА и его надежность, оказывается отрицательное воздействие на человека-оператора, снижаются его функциональные возможности и создаются предпосылки для ошибочных действий, аварийности и травматизма [1, 2].

Поэтому достижение безопасных виброакустических характеристик ВНА является актуальной, сложной и наукоемкой задачей. Ее решение позволит не только повысить безопасность и надежность эксплуатации ВНА, но и всего оборудования очистного механизированного комплекса, а также – обеспечит здоровые условия труда обслуживающего персонала.

Характерными направлениями повышения технического уровня современных ГЭУ и ВНА являются совершенствования их структуры, параметров и конструкций на основе высокотехнологичных инженерных решений и новых подходов. Так, например:

- изменена структура ВНА: от одного двигателя приводятся три насоса: силовой пятиплунжерный, шестеренный для принудительной смазки агрегата и подпиточный центробежный [3, 4, 5];

- применение в составе ВНА 5-ти плунжерных насосов с рядным расположением цилиндров с клапанным распределением рабочей жидкости и электромеханического привода с одноступенчатой зубчатой передачей на коленчатый вал и кривошипно-шатунные механизмы (КШМ) [6, 7];

- многовариантность исполнений 5-ти плунжерных силовых насосов фирмы RMI (Великобритания) и трех-пятиплунжерных насосов фирмы «Hauhinko» (Германия), путем варьирования значениями передаточного числа зубчатой передачи, диаметра и соотношением «давление-подача», при неизменных конструктивных параметрах «количество и ход поршней», что позволяет получать различные значения подач и давления нагнетания на одном агрегате [6, 7, 8];

- отказ от дискретного способа регулирования подачи рабочей жидкости (РЖ) в гидросистему механизированных крепей в пользу плавного управления подачей и давлением от насоса, что обеспечивает энергосберегающие режимы работы при плавном регулировании подачи в диапазоне от 30% до 100% [7];

- применение интеллектуальных систем управления, позволяющих автоматически адаптировать режим работы ВНА к оперативным условиям функционирования оборудования очистного комплекса [8];

- применение отдельных модулей для приготовления и фильтрации РЖ, контроля ее качества и температуры [9];
- оснащение ВНА встроенной системой фильтрации РЖ замкнутых гидросистем [9];
- разработка и применение фильтрационных установок в напорной магистрали с автоматической промывкой, обеспечивающих тонкость фильтрации до 20 мкм и повышение надежности управляющей гидроаппаратуры не менее, чем в 2 раза [10].

Приведенные выше подходы применяются в современных ВНА на базе насосов: типа RMI (Великобритания), типа ЕНР фирмы «Nauhinko» (Германия), типа СНД ГП «Донгипроуглемаш» (Украина), типа R130,R180,R250 фирмы «HIDROWATT» (Швейцария).

Насосные установки фирмы «HIDROWATT» (Швейцария) комплектуются высокоскоростными радиально-поршневыми насосами типа R130,R180,R250 с эксцентриковым прямым приводом от электродвигателей с частотой вращения $n_c=1500$ об/мин. Герметично-уплотненные цилиндро-поршневые блоки с гидродинамической, регенерирующейся, тонкослойной смазкой обеспечивают высокую скорость движения поршней, отсутствие утечек и высокий КПД [1, 8].



Рис. 1. Насосный агрегат типа R130

В состав ГЭУ швейцарской фирмы «HIDROWATT» входят 4 модуля, связанные гидравлически и электрически [11]:

- 1) модуль, укомплектованный насосным агрегатом с блоком управления и гидроаккумуляторами, рис.1;
- 2) модуль с подпиточным насосом, фильтрами и вспомогательными агрегатами обеспечивает оптимальное управление в системе подпитки высоконапорных насосов и очистку эмульсии;
- 3) модуль с емкостью для эмульсии НФА с многоуровневой успокоительной камерой и устройствами для контроля и регулирования температуры;

4) модуль с емкостью для концентрата НФА со встроенной смесительной установкой для приготовления свежей эмульсии; здесь же размещен контроллер SPS управления насосной установкой. Модульный программируемый контроллер с цветным трансфлективным дисплеем, клавиатурой и сенсорной панелью обеспечивает по выбору автоматические или ручные режимы управления.

ГЭУ типа СНД300/40-05 и СНД400/32-05 снабжены системой высоконапорной фильтрации повышенной грязеемкости и надежности и аппаратурой управления, контроля и диагностики АУСН. Аппаратура АУСН обеспечивает управление режимами работы, защиту от перегрева электродвигателей и масла в картерах агрегатов, блокировку станции при снижении давления подпитки ниже 0,3 МПа, при снижении уровня эмульсии в баке и при обрыве линии дистанционного управления[3].

Как следует из руководства по эксплуатации [11], виброакустические характеристики ВНА «НIDROWAT» и других зарубежных фирм, а также насосных станций СНД не полностью отвечают современным требованиям. По данным ИТЦ «Горные машины», в первой половине 2011 г. зарегистрировано более 20 случаев выхода из строя современных НС после наработки в течение 3-6 месяцев. Основной причиной этого являются высокие уровни вибрации и шума, генерируемые ВНА НС [1, 2].

Так, при работе ВНА типа СНД150/40 в номинальном режиме (подача $Q = 150$ л/мин, давление $P = 40$ МПа), амплитудный и частотный спектры вибраций дополняются резонансными крутильными колебаниями, вследствие гидродинамического (силового) воздействия на привод силового воздействия $M_{сн}(t)$ от полезной технологической нагрузки и кинематических возмущений от инерционной нагрузки в КШМ.

Результаты исследований [4] динамических свойств и вибрационных процессов 5-ти плунжерных ВНА СНД150/40 качественно совпадают с аналогичными характеристиками 3-х плунжерных ВНА, комплектуемых асинхронными двигателями мощностью 55 кВт с частотой вращения $n_c = 1500$ об/мин. Следовательно, в приводе современных ВНА типа СНД150/40 могут формироваться опасные резонансные крутильные колебания, которые являются причинами высоких уровней вибрации и шума, снижающих эксплуатационную надежность агрегата и его приводного двигателя, и оказывающих отри-

пательное воздействие на обслуживающий персонал, повышающих опасность травматизма.

Кинематические и динамические характеристики КШМ в приводе ВНА также оказывают существенное влияние на уровень неуравновешенных вибрационных нагрузок и их частотный спектр. С повышением скоростей и ускорений движения вращающихся и возвратно-поступательно перемещающихся масс кривошипно-шатунных механизмов (КШМ) возрастают уровни крутильных и линейных вибраций. Поэтому в приводе силовых насосов целесообразно применять относительно тихоходные КШМ (в насосах «Hammelman», например, средние скорости поршней составляют (0,63 – 1,39) м/с [12]. Увеличение параметра $\lambda = r/l$ (отношение длины кривошипа r к длине шатуна l) обуславливает необходимость учета большего числа вибрационных гармоник при расчетах динамических нагрузок ВНА.

Проведенные испытания НС типа СНД300/40 на испытательной площадке машиностроительного завода, подтвердили высокие уровни шума, табл. 1.

Таблица 1. Результаты определения шумовой характеристики СНД300/40

Параметр	Значение параметров дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Средние уровни с учетом шумового фона и постоянной помещения	70	77	75	78	84	88	86	76	67	91
Допустимые уровни шума, согласно ГОСТ 12.1.003	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Превышение допустимых уровней шума	—	—	—	—	6	13	13	5	—	11

Из табл. 1 следует, что современная НС типа СНД300/40 работает при высоких уровнях шума, следовательно, и уровни вибрации их ВНА так же повышенные.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Опыт эксплуатации показал, что показатели надежности и безопасности современных ГЭУ не соответствуют требованиям нормативно-технической документации. Это обстоятельство определяет актуальность научно-технических задач, направленных на системные исследования динамических свойств современных ВНА и установление закономерностей формирования ими виброакустических процес-

сов, с целью обоснования эффективных способов и средств снижения вибрации и шума до безопасных уровней и обеспечения тем самым надежности эксплуатации ГЭУ в целом.

2. Для создания безопасных и надежных ВНА для систем гидропривода механизированных крепей очистных комплексов необходимо на стадии проектирования проводить исследования насосных агрегатов и их рабочих процессов с целью оптимизации динамических свойств агрегата, параметров привода и способа управления.

3. Снижение вибрации и шума должно быть достигнуто за счет повышения качества проектирования и технологии изготовления ВНА и ГЭУ в целом, путем исключения резонансных явлений и обеспечения запасов прочности деталей ГЭУ и всей гидросистемы очистного механизированного комплекса на основе принципов оптимального проектирования.

4. Для повышения технического уровня современных насосных установок целесообразно также использовать зарубежный опыт разработки ГЭУ на основе применения высокотехнологичного оборудования и интеллектуальных систем управления и диагностики.

Список литературы

1. Гуляев В.Г. Виброакустические процессы и надежность гидроэнергетических установок очистных комплексов: [Монография] / В.Г. Гуляев, К.В. Гуляев, С.А. Китаева; под общ. ред. В.Г. Гуляева. – Донецк: Технопарк «УНИТЕХ», 2012. – 224 с.
2. Китаева С.А. Обоснование способов и средств достижения безопасных уровней виброакустических характеристик гидроэнергетических установок очистных механизированных комплексов [Текст]: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 25.01.2013 / Китаева Светлана Анатольевна, МакНИИ. – Макеевка, 2013. – 20 с.
3. Косарев В.В. Насосные станции ГП «Донгипроуглемаш» нового поколения как источник гидравлической энергии в составе гидропривода механизированных крепей / В.В. Косарев, Н.И. Стадник, Ю.И. Варшавский и др. // Сб. научн. трудов ГП «Донгипроуглемаш». – 2008. – С. 484-492.
4. Гуляев В.Г. Тенденции и проблемы создания современных насосных станций для угледобывающих комплексов / В.Г. Гуляев, И.А. Квитковский, Н.В. Гугаревич, С.А. Китаева // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо-електромеханічна» - 2013. – Вип. 1(25). – С. 57-71.
5. Гуляев В.Г. Способы повышения надежности насосных агрегатов для систем гидропривода механизированных крепей / В.Г. Гуляев, И.А. Квитковский, С.А. Китаева // Вісті. Зб. Наук. праць Донецького гірничого інститута, 2013 (в печати).
6. J.A. SHAW RMI Pressure Systems Ltd Mining Products Division. QuinmaxS500 – (Горношахтная насосная система) // RMI Pressure Systems www.rmipsl.com – 4s
7. Замланд У., Дайк А., Кузнецов С.А. Преимущества использования рядных поршневых насосов с применением электродвигателей с частотным преобразователем // Глюкауф, май 2011, №1(2). – С.78
8. Системы высокого давления компания RMI – гарантия эффективности и безаварийной работы лавного комплекса. ООО «ТОР «Инжиниринг» // «Уголь», декабрь 2010 – С. 34-35.

9. Косарев В.В., Стадник Н.И., Варшавский Ю.И. и др. Современные фильтры ГП «Донгипроуглемаш» для защиты гидравлических систем горных машин от загрязнений // Сб. научн. трудов ГП «Донгипроуглемаш» - Донецк: Астро, 2008 – С. 508-537.
10. М. Райтер, Ю. Векслер Влияние качества гидравлической жидкости на работу автоматизированной системы управления // «Уголь», № 1, 2008.
11. Руководство по эксплуатации и технике безопасности радиально-поршневого насоса R180S HIDROWATT AG, Швейцария, 2011. – 50 с.
12. Высоконапорное снабжение лавы для горношахтной промышленности //ДАТ Бергбаутехник. – 2011.- 11с.