УДК: 658.5.012.7

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ: ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И РЕГЛАМЕНТЫ

Михайлов В.В., студент гр. ТСа-241, II курс
Научный руководитель: Короткова Л.П., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева,
Россия, г. Кемерово

Гидравлические испытания широко применяются при изготовлении, приёмо-сдаточном контроле, монтаже и эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением. К таким объектам относятся трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, сосуды, теплообменники и иные элементы технологических систем. Основной целью гидравлических испытаний является подтверждение прочности и герметичности оборудования, однако сам процесс испытаний представляет собой потенциально опасный вид работ, требующий строгого соблюдения требований промышленной безопасности и охраны труда.

Несмотря на использование воды или других практически несжимаемых жидкостей, гидравлические испытания не исключают полностью вероятность аварий. При разрушении оборудования под давлением возможно резкое высвобождение энергии, сопровождающееся выбросом жидкости, фрагментов конструкции и образованием ударной волны. Практика эксплуатации показывает, что значительная часть инцидентов при испытаниях связана не с конструктивными недостатками оборудования, а с нарушением технологии проведения испытаний, ошибками персонала и неудовлетворительным состоянием испытательных стендов [1].

К числу основных рисков при проведении гидравлических испытаний относятся механические риски, обусловленные разрушением корпуса, фланцевых соединений, заглушек или элементов крепления. Такие разрушения могут возникать вследствие скрытых дефектов материала, коррозионного износа, неправильного выбора испытательного давления или резкого его повышения. Особую опасность представляют самодельные или неправильно установленные заглушки, не рассчитанные на заданное давление [2].

Гидродинамические риски связаны с неравномерным распределением давления, наличием воздушных полостей и резкими скачками давления в системе. Присутствие воздуха существенно увеличивает потенциальную энергию, накопленную в испытательной среде, что по своим последствиям приближает гидравлическое испытание к пневматическому. В случае разрушения оборудования это приводит к более тяжёлым последствиям, включая разлёт фрагментов на значительное расстояние [3].

Отдельную группу составляют технологические риски, возникающие из-

за несоблюдения установленной последовательности операций. К ним относятся слишком быстрый подъём давления, превышение допустимых значений, недостаточная выдержка под испытательным давлением или преждевременный сброс давления. Такие нарушения часто обусловлены стремлением сократить время испытаний или недостаточной квалификацией персонала [4].

Организационные риски включают отсутствие или формальный характер инструкций по безопасному проведению испытаний, недостаточный контроль со стороны ответственных лиц, а также допуск к работам персонала без соответствующего обучения и аттестации. Анализ аварийных ситуаций показывает, что человеческий фактор остаётся одной из ключевых причин происшествий при гидравлических испытаниях [5].

Обеспечение безопасности при проведении гидравлических испытаний должно носить системный характер и включать технические, организационные и профилактические меры. На этапе подготовки особое внимание уделяется проверке технического состояния оборудования, испытательных стендов, насосных установок и измерительных приборов. Все манометры и датчики давления должны иметь действующую поверку, а элементы испытательной схемы — соответствовать расчётным нагрузкам [6].

Важным элементом обеспечения безопасности является правильная организация рабочего места. Испытательная зона должна быть ограждена, обозначена предупредительными знаками и исключать нахождение посторонних лиц. При необходимости используются защитные экраны и кожухи, способные задержать фрагменты разрушившихся элементов. Управление процессом испытаний рекомендуется осуществлять дистанционно, особенно при высоких испытательных давлениях [7].

Процесс заполнения системы испытательной жидкостью должен обеспечивать полное удаление воздуха. Для этого применяются специальные вентиляционные клапаны и поэтапное заполнение с контролем выхода воздушных пузырей. Подъём давления осуществляется плавно, с промежуточными остановками для визуального осмотра оборудования и контроля состояния соединений [8].

Не менее важным является обучение и подготовка персонала. Работы по гидравлическим испытаниям должны выполняться только работниками, прошедшими обучение, инструктаж по охране труда и проверку знаний требований промышленной безопасности. Ответственное лицо за проведение испытаний обязано контролировать соблюдение технологии, фиксировать параметры процесса и принимать решения о прекращении испытаний при выявлении опасных признаков [9].

Завершающим элементом системы обеспечения безопасности является документирование. Протоколы гидравлических испытаний должны содержать сведения о выявленных отклонениях, принятых мерах и заключение о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования. Анализ накопленных данных позволяет выявлять типовые причины отказов и корректировать

процедуры испытаний, снижая уровень риска в будущем [10].

Таким образом, риски при проведении гидравлических испытаний являются многофакторными и требуют комплексного управления. Только сочетание технически исправного оборудования, строгого соблюдения регламентов, квалифицированного персонала и эффективного организационного контроля позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности и минимизировать вероятность аварийных ситуаций.

Список литературы:

1. Иванов П. Н. Промышленная безопасность при испытаниях оборудования под давлением. — М.: Машиностроение, 2019.
2. Петров А. В. Надёжность и безопасность трубопроводных систем. — СПб.: Питер, 2020.
3. Сидоров Л. И. Анализ аварий при гидравлических испытаниях // Промышленная безопасность. 2021. №3.
4. Кузнецов С. А. Технология проведения гидравлических испытаний оборудования. — М.: Энергоатомиздат, 2018.
5. Смирнов В. Е. Человеческий фактор в системе промышленной безопасности. — М.: Академия, 2017.
6. ГОСТ 5762-2002. Арматура трубопроводная. Общие технические условия.
7. ГОСТ 12.3.019-80. Испытания и измерения. Общие требования безопасности.
8. РД 39-0148055-505-2000. Методы гидравлических испытаний сосудов и аппаратов.
9. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования, работающего под давлением.
10. Литвинов Д. Ю. Документирование и анализ результатов испытаний // Вестник машиностроения. 2022. №5.