

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРЕССОВО-КЛЕЕВОЙ ЗАПРЕССОВКИ ФЛАНЦЕВ НА СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

А.А. Овсянников, В.А. Абанин, И.И. Савин, В.Н. Седелков

Проведён анализ и обобщение известных способов контроля запрессовки деталей в приборостроении, машиностроительном производстве, автомобилестроении, выявлены преимущества и недостатки, проведена их адаптация для совершенствования контроля запрессовки деталей из полимерных композиционных материалов в производственных условиях промышленного предприятия. Изложена методика выполнения измерительного контроля прессово-клеевой запрессовки фланцев на стеклопластиковые трубы в процессе формирования соединения и определены основные и дополнительные критерии его качества. Основным критерием является величина механической работы, затраченной на формирование соединения непосредственно при установке фланцев, обеспечивающая необходимую механическую прочность соединения, а дополнительным – величина колебаний силы во время формирования соединения. Разработана структурная схема, электрические схемы и программное обеспечение для управления измерительной системой на основе программируемого микроконтроллера. На основе современных датчиков и микропроцессорной техники изготовлен вариант измерительной системы. Проведено апробирование методики и изготовлен вариант системы измерительного контроля прессово-клеевой запрессовки фланцев на стеклопластиковые трубы в производственных условиях. По результатам проведённой работы обоснованы перспективные направления совершенствования разработанной системы, направленные на повышение информативности и точности выполняемого измерительного контроля.

Ключевые слова: стеклопластиковые трубы, трубопровод, прессово-клеевая запрессовка, фланец, соединение, качество, косвенные измерения, контроль, датчики, микропроцессор, методика, программное обеспечение, управление, производство.

ВВЕДЕНИЕ

Трубы из стеклопластика за счет высокой удельной механической прочности, диэлектрических свойств и коррозионной стойкости, небольшой плотности и низкой теплопроводности широко применяются при транспортировке по ним различных веществ, а также в качестве конструктивных элементов. В частности, они применяются в ЖКХ в качестве водопроводных, канализационных, обсадных труб, в шахтах для откачки метана, водоподдачи и водоотлива, в энергетике для опор линий электропередач [1,2]. Технологии изготовления труб из стеклопластика, являющегося одним из перспективных полимерных композиционных материалов (ПКМ), относятся к критическим технологиям. Применение ПКМ позволяет создать современную конкурентоспособную высокотехнологичную продукцию нового поколения с повышенными требованиями к показателям качества [3,4]. При производстве труб из ПКМ актуально контролировать их качество, чтобы исклю-

чить возникновение нештатных и аварийных ситуаций при их эксплуатации.

Для соединения труб в составе трубопровода широко применяются фланцевые соединения. В ЗАО «НПП «Алтик» (г. Бийск) для соединения фланца с трубой разработана прессово-клеевая посадка. [1,2,5-7]. Ранее контроль качества соединений осуществлялся по результатам выборочных испытаний изготовленных труб внутренним давлением. Это сопряжено с большими затратами времени, требует специального стенда для проведения испытаний, значительного объёма воды и не обеспечивает сплошной контроль продукции. Поэтому актуальна задача создания нового измерительного контроля качества прессово-клеевых соединений фланцев с трубами, свободного от перечисленных недостатков.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной работы является автоматизация измерительного контроля прессово-

клеевой посадки (запрессовки) фланцев на стеклопластиковые трубы, совмещенного с технологическим процессом формирования соединения в режиме реального времени. В соответствии с указанной целью необходимо:

1. Провести анализ известных способов контроля качества выполнения операций запрессовки фланцев;

2. Разработать методику анализа труб из стеклопластика как объекта измерительного контроля с обоснованием физических критериев контроля качества при запрессовке фланцев;

3. Выбрать структурную схему автоматизированной системы измерения для контроля критериев качества запрессовки фланцев;

4. Реализовать с применением современной электронной элементной базы автоматизированную систему измерения совместно с программным обеспечением;

5. Провести экспериментальные исследования измерительной системы и анализ полученных результатов;

6. Обосновать перспективные направления дальнейших исследований.

Из анализа известного опыта запрессовки деталей в приборостроении, машиностроительном производстве, автомобилестроении установлено значительное рассеивание максимальных значений силы запрессовки из-за большого числа влияющих факторов, проявление которых преимущественно носит вероятностный характер [8-10]. К наиболее существенным факторам, влияющим на качество запрессовки, относят: возможность повреждения сопрягаемых поверхностей, перекосы деталей, непостоянство скорости запрессовки, скачкообразное прерывистое перемещение деталей относительно друг друга. Это может приводить к уменьшению величины натяга и прочности соединения, а также к преждевременному выходу из строя сборочных агрегатов с запрессованными соединениями. Кроме этого, известные способы контроля прессовых посадок для изделий из металлических сплавов не учитывают влияния при формировании прессово-клеевых посадок фланцев локальных механических разрушений сопрягаемых поверхностей из ПКМ с заполнением их продуктами разрушения, снижающих прочность соединения и поэтому требуют их дополнительного изучения с применением измерительно-информационных технологий [1,5,6]. Для оценки качества запрессовки в производственных условиях целесообразно обосновать минимальное число

измеряемых параметров, непосредственно связанных с технологическим процессом изготовления, и достаточного для достоверного контроля качества выпускаемой продукции.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТРУБ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА КАК ОБЪЕКТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Трубы из стеклопластика как объекты измерительного контроля при установке фланцев на концевые участки рассмотрены как макросистемы с распределенными в трехмерном пространстве параметрами с анизотропными механическими свойствами, на которые действуют внешние распределенные векторные силовые нагрузки, обуславливающие перемещение фланцев с силой трения из-за шероховатости контактирующих поверхностей концевых участков труб и фланцев. Качество установки фланцев на трубы в значительной степени определяется динамическими связями в процессе силового контактного взаимодействия поверхностей. При этом формируются основные функциональные характеристики соединений, эксплуатационная надежность и долговечность изделий. Отличительной особенностью прессовых соединений является недоступность зоны контактного взаимодействия деталей для непосредственного наблюдения, контроля и управления.

За контролируемый критерий качества принята величина механической работы, затраченной на формирование соединения непосредственно при установке фланцев, обеспечивающая необходимую механическую прочность соединения. Слишком малое значение этого критерия свидетельствует о недостаточном монтажном натяге, а слишком большое – об избыточном. Дополнительным критерием является величина колебаний силы во время формирования соединения. Идеализированной моделью изменения силы трения по мере перемещения фланцев по трубе принято линейное увеличение силы трения и, соответственно, линейное изменение работы этой силы [9]. Несоответствие работы сил трения линейной закономерности характеризует несовершенство применяемого технологического процесса и нереализованные потенциальные возможности прессово-клеевой посадки. Измерение работы силы трения по перемещению фланцев по концевым участкам труб и её сравнение с установленным технологическим регламентом значением направлено на подтверждение соот-

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРЕССОВО-КЛЕЕВОЙ ЗАПРЕССОВКИ ФЛАНЦЕВ НА СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

ветствия усилия прижатия сопрягаемых поверхностей установленным требованиям. Величина силы трения регулируется в технологическом процессе изменением зазора (натягом) между сопрягаемыми поверхностями концевых участков труб и фланцев. Измерение амплитуды пульсации силы трения относительно скользящего ее среднего значения в процессе перемещения фланцев и сравнение их с максимально допустимым технологическим регламентом значениями направлено на подтверждение отсутствия пульсаций силы трения, являющихся причинами снижения прочности запрессовки. Одновременное вхождение указанных критериев в допустимые установленные интервалы значений гарантирует требуемое качество прессово-клеевого соединения фланцев с трубами [2]. Основными измеряемыми параметрами (физические величины) являются усилие, действующее на фланцы и их перемещение по концевым участкам трубы. К дополнительным измеряемым параметрам отнесены: начало и окончание процесса запрессовки. Поэтому измерительная система для контроля качества технологического процесса прессово-клеевого соединения фланцев с трубами из ПКМ должна обеспечивать расчет величины работы сил трения по перемещению фланцев, а также амплитуды пульсаций силы трения относительно ее скользящего среднего значения в процессе перемещения фланцев по сопрягаемым поверхностям труб от начала до окончания процесса запрессовки. Указанные критерии отражают суть физических процессов, влияющих на качество прессово-клеевого соединения фланцев с концевыми участками труб из ПКМ. Новизна подхода в методике анализа труб, как объекта измерительного контроля, заключена в том, что измерительный контроль критериев качества запрессовки фланцев совмещён по времени и непрерывно проводится с начала и до

окончания технологической операции запрессовки фланцев на трубы. Заключение о качестве запрессовки получают после завершения технологической операции. Такой подход позволит исключить этап выборочного контроля готовой продукции на испытательном стенде с гидравлическим оборудованием для создания внутреннего избыточного давления в трубе и перейти к сплошному измерительному контролю.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

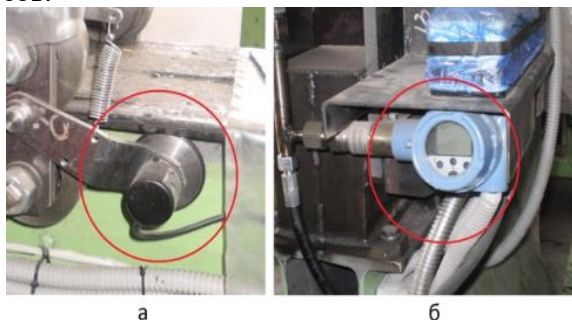
Структурная схема измерительной системы для контроля запрессовки фланцев на стеклопластиковые трубы отображена на рисунке 1.

Центральным управляющим устройством является микроконтроллер ATmega128 семейства AVR производства фирмы Atmel. Данное семейство микроконтроллеров, в отличие от других, наиболее оптимизировано для решения алгоритмических задач и задач управления. Микроконтроллер представляет универсальную микросхему, содержащую полный набор элементов микропроцессорной системы: память, порты ввода/вывода, систему прерываний и т.д. Он является системой, обеспечивающей работу измерительной системы в режиме жёсткого реального времени и позволяет работать с современными высокоточными отечественными и зарубежными датчиками на низком уровне [1]. К блоку управления подключен блок регистрации данных, построенный на основе одноплатного компьютера Raspberry Pi и работающего под управлением операционной системы семейства Linux, который позволяет хранить большие объёмы измерительной информации и коммуникацию измерительной системы с персональным компьютером по сети Ethernet.



Рисунок 1 – Структурная схема измерительной системы для контроля запрессовки фланцев на стеклопластиковые трубы

Силовые воздействия по перемещению фланцев по концевым участкам трубы выполняет гидравлический пресс. Перемещение толкателя пресса измеряется датчиком перемещения «ES3-11C» фирмы Delta (рисунок 2а). Датчик имеет выходной дискретный сигнал типа открытый коллектор, сдвинутый по фазе на линиях А и В на 90°. Это позволяет судить о направлении вращения вала. Датчик обеспечивает разрешающую способность 1024 импульса на один полный оборот, а максимальная частота вращения его вала ограничена 6000 об/мин. Вал датчика сопряжён с рамой станда и вращается в ту или иную сторону в зависимости от направления перемещения толкателя. О направлении вращения и угле поворота судят по сдвигу фаз между сигналами и количеству импульсов.



а) датчик угла поворота на стенде запрессовки;
б) датчик давления на стенде запрессовки

Рисунок 2 – Датчики давления и перемещения, установленные на прессе

Измерение силы осуществляется косвенно через измерение давления датчиком «Метран-150» (рисунок 2б) в гидроцилиндре с известной площадью плунжера, толкающем рабочий инструмент станда.

Предел измерений датчика составляет 60 МПа, основная погрешность не превышает 0,075%, выходной сигнал «токовая петля» (4 – 20 мА).

Измерительная информация о давлении в гидроцилиндре пресса (пропорциональная прикладываемой силе) и о перемещении рабочего инструмента (толкателя) проходит первичную математическую обработку в блоке управления, заключающуюся в оцифровке сигнала датчика давления и подсчёте импульсов датчика перемещения.

На основе полученной измерительной

информации вычисляются значения работы сил трения, возникающих в зоне соединения, а также амплитуда пульсаций величины силы относительно скользящего среднего. Далее проводится контроль вхождения измеренных значений в заданные интервалы и выносится заключение о качестве полученного соединения [7].

Алгоритм работы измерительной системы включает следующие этапы (рисунок 3):

1) подготовительный этап (настройка периферийных устройств, инициализация переменных, включая критерии качества);

2) основной цикл, включающий этапы:

- измерение давления и перемещения, обработка результатов измерений;
- передача результатов измерений в персональный компьютер;
- выполнение интерфейсных функций (вывод необходимой информации на дисплей, обновление служебных переменных).

Программное обеспечение блока управления написано на языке С в среде AtmelStudio 6.1.

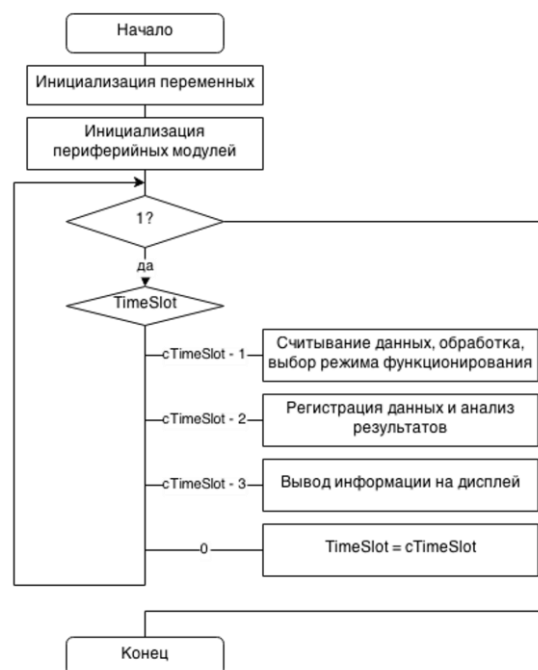


Рисунок 3 — Блок-схема алгоритма функционирования измерительной системы контроля процесса запрессовки фланцев на трубы

Этапы цикла работы блока управления осуществляются дискретно по времени через фиксированные интервалы. Каждый интервал предназначен для выполнения группы функ-

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРЕССОВО-КЛЕЕВОЙ ЗАПРЕССОВКИ ФЛАНЦЕВ НА СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

ционально однородных операций. В течение первого интервала происходит считывание измерительных и управляющих сигналов и выбор на их основе режима функционирования системы. Второй интервал предназначен для обработки сигналов, полученных на предыдущем этапе, а также сравнения результатов вычислений с заданными значениями. Третий интервал времени необходим для индикации состояния измерительной системы и результатов её работы, а также передачи данных на персональный компьютер. Описанная последовательность операций повторяется циклически в процессе взаимного перемещения деталей.

Механическая часть технологической установки закрепления фланцев на стеклопластиковых трубах по прессово-клеевой посадке (рисунок 4) содержит пресс со станиной (3), неподвижным упором (4), рабочим подвижным упором (5), силовым гидравлический цилиндр (6) и маслостанцию (10).

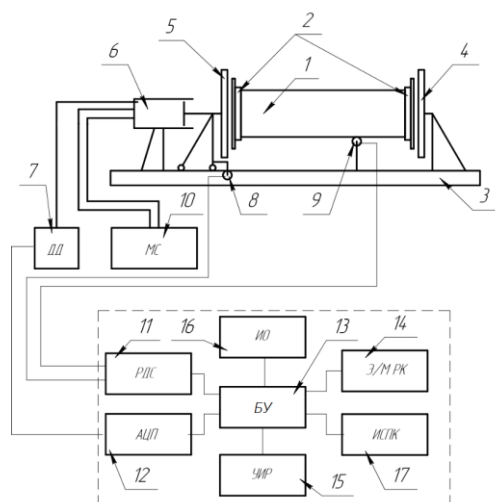


Рисунок 4 – Механическая часть технологической установки для запрессовки фланцев с измерительной системой

В рабочую зону технологической установки помещается труба (1) с механически обработанными участками под установку фланцев и фланцы (2). Измерительная часть технологической установки включает: датчик давления (7) в рабочей полости гидравлического цилиндра (6), датчик перемещения (8) рабочего упора пресса, датчик перемещения (9) трубы (1), реверсивный двоичный счетчик (11), аналого-цифровой преобразователь (12), блок управления (13), электромагнитный релейный коммутатор (14), устройство индикации результата (15), интерфейс оператора (16), интерфейс сопряжения с персональным

компьютером (17) [1, 2]. Данная технологическая установка закрепления фланцев на стеклопластиковые трубы внедрена в опытную эксплуатацию на ЗАО «НПП «Алтик».

В качестве примера на рисунке 5 приведена зависимость давления в гидроцилиндре стэнда от перемещения его плунжера, для случая посадки стеклопластикового фланца на трубу, имеющую диаметр под посадку фланца равный 505 мм.

Алгоритмы анализа результатов измерений контролируемых параметров процесса формирования прессово-клеевого соединения фланцев с трубой (сила, действующая на фланец со стороны рабочего упора, амплитуда её пульсаций, работа сил трения) и сравнение с предельно допустимыми значениями осуществляется микропроцессором 13. При этом используются цифровые коды счетчика (11) и аналого-цифрового преобразователя (12). Сила (F_d), действующая на фланец, вычисляется по формуле:

$$F_d = P * S_{\text{п}}, \quad (1)$$

где P – давление в гидравлическом цилиндре (6), измеренное датчиком давления (7); $S_{\text{п}}$ – площадь плунжера гидравлического цилиндра (6).

Работа сил трения (A) каждого из двух одновременно формируемых соединений рассчитывается как сумма произведений перемещения фланцевого величину силы, вызвавшей это перемещение по следующей формуле:

$$A = \sum_{i=1}^n (x_i - x_{(i-1)}) * F_i, \quad (2)$$

где x_i – глубина запрессовки в i -ый момент времени; $x_{(i-1)}$ – глубина запрессовки в $(i-1)$ -ый момент времени; F_i – сила, действующая на фланец в i -ый момент времени, рассчитанная по формуле (1).

Скользящее среднее силы трения (M_s) вычисляется следующим образом:

$$M_s = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} F_{t-i}, \quad (3)$$

где n – ширина окна усреднения; F_{t-i} – сила, действующая на фланец со стороны рабочего упора в момент времени $t-i$.

Амплитуда пульсаций силы трения (ΔF_i) рассчитывается относительно простого скользящего среднего по 15 отсчетам:

$$\Delta F_i = F_i - M_s[X_i], \quad (4)$$

где $M_s[X_i]$ – среднее значение силы, рассчитанное по формуле (3).

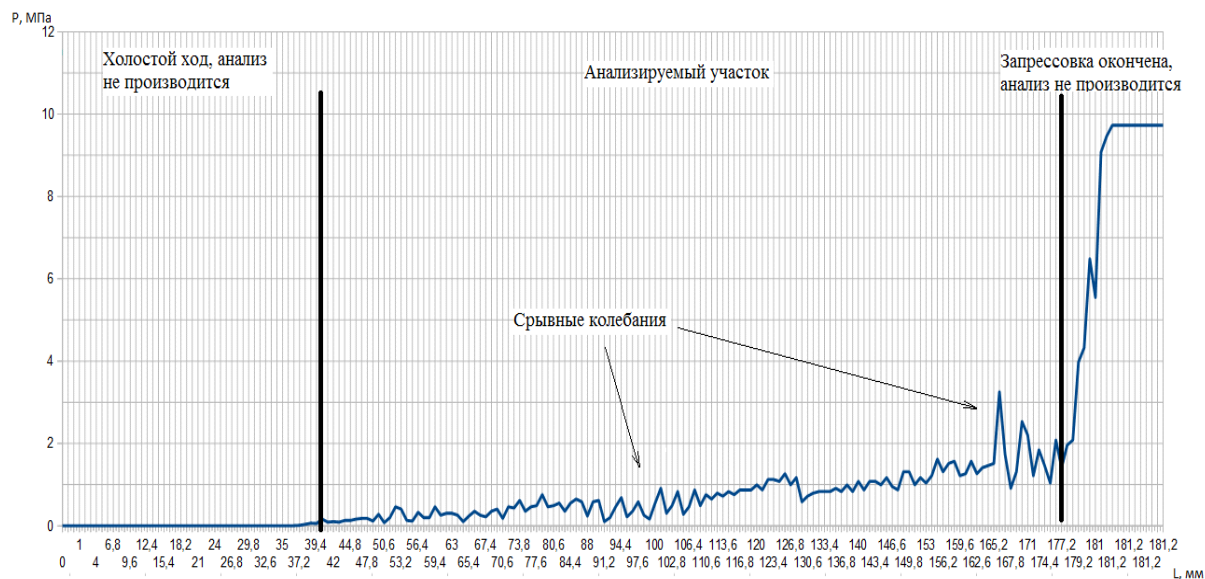


Рисунок 5 – График зависимости давления в гидроцилиндре станда от перемещения его плунжера

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из анализа зависимости давления в гидроцилиндре станда от перемещения толкателя установлено, что на начальных этапах процесса запрессовки регистрируются значительные колебания значений силы в силовой цепи технологического оборудования. Наиболее вероятно, это вызвано с наруше-

В предельном случае это может привести к значительному уменьшению прочности соединения и трубы в зоне посадки [8-10].

Использование измерительной системы даёт возможность одновременного анализа изменения давления в гидроцилиндре и перемещения его рабочего упора относительно рамы прессы в реальном режиме времени. На рисунке 6 представлены усреднённые по 14 выборкам значений давления и перемещения в процессе формирования прессово-клеевых соединений фланцев. Графики построены на одной координатной плоскости: ось абсцисс указывает номер отсчёта, значения по оси ординат для графика перемещения толкателя соответствуют количеству импульсов датчика перемещения, а для графика изменения давления — коду АЦП.

Из совместного анализа усреднённых графиков следует, что изменение давления в гидроцилиндре и перемещения рабочего упора станда обуславливает деформацию труб и вибрационные нагрузки на этапе окончания

нием соосности сопрягаемых фланцев и труб. Далее в ходе запрессовки значение силы изменяется более плавно. Наблюдаются также срывные колебания, обусловленные накоплением локальных разрушений микронеровностей поверхностных слоев. Срывные колебания играют негативную роль в процессе формирования соединения, поскольку свидетельствуют о неравномерности скорости перемещения фланцев по концевым участкам трубы с выдавливанием клея из соединения на отдельных участках запрессовки. Это может дополнительно негативно сказаться на прочностных характеристиках труб. Поэтому измерительную систему целесообразно применять для материаловедческих экспериментов по обоснованию оптимальных режимов силовых воздействий на трубы, скорости их изменения во времени, изменения состава клея, его вязкости и т.д. [6,7]. Для более углубленного изучения силового воздействия на трубы в процессе установки фланцев актуально дополнительно включить многокомпонентные датчики силы в состав измерительной системы, что обеспечит измерение поперечных составляющих вектора силы в силовой цепи технологического оборудования и позволит принимать меры по их уменьшению.

В настоящее время измерительная система применяется в ЗАО «НПП «Алтик» для сбора статистической информации о контролируемых параметрах прессово-клеевой посадки и отбраковки некачественных экземпляров изделий.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2017

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРЕССОВО-КЛЕЕВОЙ ЗАПРЕССОВКИ ФЛАНЦЕВ НА СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

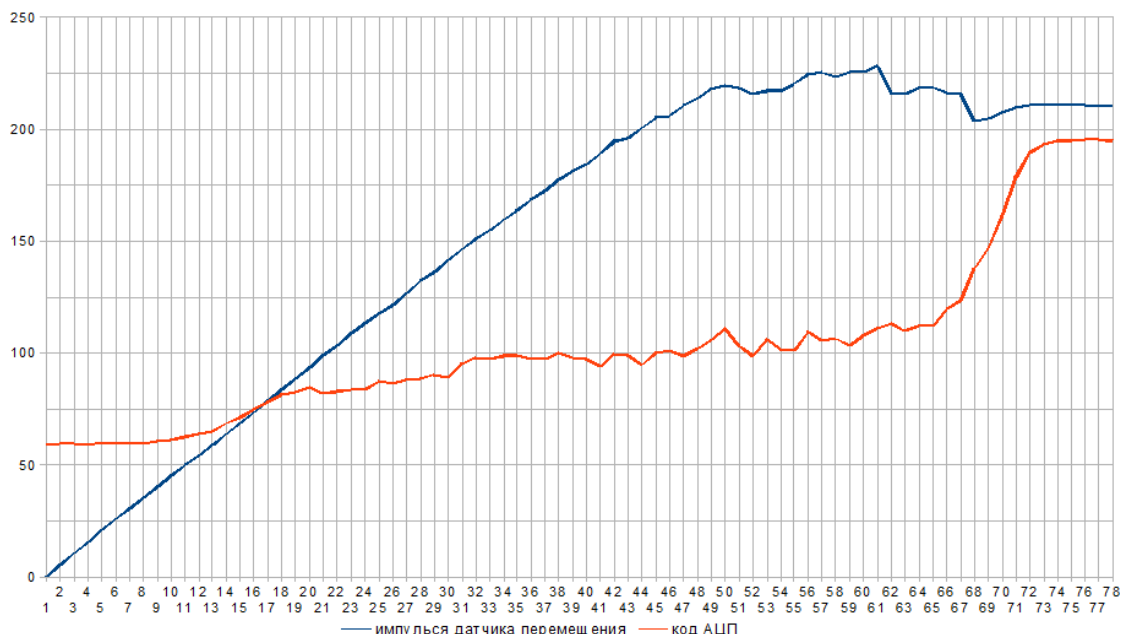


Рисунок 6 — Графики усреднённых значений давления в гидроцилиндре и перемещения рабочего упора пресса в процессе установки фланцев на трубы

В перспективе статистическую информацию планируется использовать для построения математической модели процесса прессово-клеевой посадки с целью выявления оптимальных ее параметров, а также усовершенствования технологии формирования соединений, что позволит улучшить качество выпускаемой продукции и снизить процент брака.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Разработана измерительная система, позволяющая проводить непрерывный мониторинг и контроль значения механической работы в режиме реального времени, необходимой для формирования прочного механического соединения фланцев со стеклопластиковыми трубами, а также колебания силы в заданном интервале значений.

2) Из анализа экспериментальных исследований установлено, что при запрессовке фланцев наблюдаются срывные колебания, как и при запрессовке деталей из металлических сплавов.

3) Данная система введена в опытную эксплуатацию на производстве ЗАО «НПП «Алтик» с целью улучшения контроля качества выпускаемой продукции и снижения количества брака. Дополнительно для этой цели планируется создать базу данных, хранящей статистическую информацию о

процессе и результате формирования механической запрессовки фланцев различных конфигураций на стеклопластиковые трубы разных диаметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников А.А. Информационно-измерительная система для контроля прочности соединения стеклопластиковых труб с фланцами / Овсянников А.А., Абанин В.А., Савин И.И. // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – № 3. – С. 80-82.
2. Овсянников А.А. Измерительно-информационная система контроля качества изготовления стеклопластиковых труб на производстве ЗАО «НПП «Алтик» / Овсянников А.А., Абанин В.А., Савин И.И. // Ползуновский альманах. – 2015. – № 1. – С. 42-44.
3. Баженов С.Л. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010. – 352 с.
4. Кербер М.Л. Композиционные материалы / Кербер М.Л. // Соровский образовательный журнал. – 1999. – № 5. – С. 33-41.
5. Овсянников А.А. Современное состояние и перспективы совершенствования системы контроля прессово-клеевой посадки фланцев на стеклопластиковые трубы / Овсянников А.А., Абанин В.А., Савин И.И. // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участи-

ем. – 2016. – С. 37-39.

6. Овсянников А.А. Автоматизация контроля технологических процессов производства и испытаний труб из полимерных композиционных материалов / Овсянников А.А., Абанин В.А., Савин И.И. // Датчики и системы. – 2016. – № 7. – С.65-69.

7. Овсянников А.А. Измерительные приборные комплексы для автоматизации контроля производства и испытаний труб из полимерных композиционных материалов / Овсянников А.А., Абасоискание ученого звания канд. техн. наук: 05.02.02: защищена 15.06.2015 / Ермолаев Михаил Михайлович. – М., 2015. – 136 с.

9. Грячищев Е.С. Соединение с натягом. Расчеты, проектирование, изготовление / Грячищев Е.С., Ильяшенко А.А. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.

10. Шуваев В.Г. Адаптивное управление технологическим процессом ультразвуковой запрессовки на основе динамических характеристик формируемых соединений. : дис. на соискание ученого звания доктора техн. наук : 05.02.08 : защищена 11.02.2013 / Шуваев Вячеслав Георгиевич. – Самара, 2013. – 290 с.

11. Пат. 2064855 Российская Федерация, МПК В23Р 19/02. Способ контроля прочности соединений при механической запрессовке / Жидков Е.Е.; заявитель и патентообладатель Самарский ин-т инженеров железнодорожного транспорта им. М.Т. Елизарова. – № 925046515; заявл. 08.06.92

12. Пат. 2351450 Российская Федерация, МПК В23Р 19/027, В30В 15/24. Устройство контроля процесса запрессовки при получении прессового соединения объектов цилиндрической формы / Кулебякин А. А., Тяпкин Ю. А.; заявитель и патентообладатель Ярославский гос. тех. ун-т. – № 2007126447/02, заявл. 11.07.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.

13. Пат. 2201321 Российская Федерация, МПК

нин В.А. // Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции: Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. Барнаул: Изд-во АлтГТУ – 2016. – № 6. – С. 229-236.

8. Ермолаев М.М. Разработка методов расчета неподвижных соединений деталей машин с учетом податливости контактного слоя. дис. на

В23Р 19/02. Способ управления процессом запрессовки на электромеханическом прессе / Новиков А.Ф., Лысов В.Е., Николаев В.А., Антимонов А.А.; заявитель и патентообладатель Самарский гос. тех. ун-т. – № 2001129193/02, заявл. 29.10.2001; опубл. 27.03.2003, Бюл. № 9

14. Государственная регистрация программы для эвм 2016613937. Контроль процесса формирования прессовой посадки / Овсянников А.А., Бормышев В.В., Савин И.И.: правообладатель Закрытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Алтик» – № 2015662657, заявл. 22.12.2015; опубл. 20.05.2016

Овсянников А. А. — аспирант кафедры методов и средств измерений и автоматизации БТИ АлтГТУ, e-mail: ovsjan-nik.a@gmail.com

Абанин В. А. — д.т.н., профессор кафедры методов и средств измерений и автоматизации, БТИ АлтГТУ, e-mail: aba@bti.secna.ru

Савин И. И. — к.т.н., заместитель генерального директора по НИОКР и качеству ЗАО «НПП «Алтик», e-mail: sii@altik.su

Седелков В.Н. — генеральный директор ЗАО «НПП «Алтик», e-mail: info@altik.su