

УДК: 681.3.015; 681.5.08  
DOI:10.30987/2658-6436-2021-1-61-70

П.А. Акулов, А.Д. Сырых, Д.И. Петрешин

## АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ СОЧЛЕНЕНИЯ И РАСЧЛЕНЕНИЯ КОНТАКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОЕДИНИТЕЛЯ

*Предложено алгоритмическое обеспечение для автоматизированной установки измерения силы сочленения и расчленения контактов электрических соединителей, позволяющей получать объективные данные во время проведения испытаний с возможностью регистрации фиксируемой силы. Разработанная система также обеспечивает ввод и редактирование параметров проводимых испытаний при помощи сенсорной панели оператора с использованием Human–Machine Interface, локальную визуализацию процесса измерения, поддержку реализации хранения параметров в энергонезависимой памяти с протоколированием информации об испытаниях. Благодаря возможности проведения измерения силы сочленения и расчленения контактов электрического соединителя в автоматизированном режиме снижается воздействие человеческого фактора на результаты испытания, что увеличивает точность и повышает производительность процесса.*

**Ключевые слова:** электрический соединитель, сила сочленения, сила расчленения, автоматический режим, автоматизированный режим, алгоритм работы, алгоритмическое обеспечение.

P.A. Akulov, A.D. Syrykh, D.I. Petreshin

## ALGORITHMIC SUPPORT OF THE AUTOMATED INSTALLATION FOR MEASURING THE MATING AND UNMATING FORCE OF ELECTRIC CONNECTOR CONTACTS

*Algorithmic support is proposed for an automated installation for measuring the mating and unmating force of the electrical connector contacts, which allows obtaining objective data while testing with the possibility to register the fixed force. The developed system also provides inputting and editing test parameters applying the operator's touch panel using the Human–Machine Interface, local visualization of the measurement process, support for implementing the parameters storage in non-volatile memory with logging the test information. The ability to automatically measure the mating and unmating force of an electrical connector reduces the impact of human error on test results, increasing the accuracy and the process productivity.*

**Keywords:** electrical connector, mating force, unmating force, automatic mode, automated mode, work algorithm, algorithmic support.

### Введение

Среди всех характеристик электрических соединителей, которые необходимо обеспечить при их производстве, важную роль играют характеристики, определяющие протекание электрического тока через контактную пару с минимальными потерями. Как следует из [1], омическое сопротивление пары контактов в значительной степени зависит от силы, с которой контакт розетки и контакт вилки прижаты друг к другу. Данный параметр обозначается как «сила контактного нажатия» или «контактное усилие» [2, 3]. В связи с тем, что прямое измерение данной силы связано с большими техническими трудностями, данное измерение заменяют косвенным методом, заключающимся в контроле/измерении силы расчленения испытываемого контакта контрольным штырем–калибром [4].

При проведении контроля силы расчленения в настоящее время используют следующую методику: контрольный штырь–калибр, имитирующий ответную часть испытываемого электрического соединителя, устанавливается на грузик определенной массы.

Испытатель вручную сочленяет штырь–калибр с испытуемым контактом в электрическом соединителе, после чего контролирует способность контакта удерживать штырь–калибр под действием силы тяжести [5–8].

### Описание проблемы

Использование вышеописанной методики проверки силы расчленения контакта не гарантирует получение достоверных результатов с необходимой степенью повторяемости [4, 9–10]. Во-первых, это связано с объективными погрешностями вследствие неравномерности скорости сочленения–расчленения испытуемого электрического соединителя и штыря–калибра, возникновение рывков и перекосов, которые невозможно проконтролировать при ручном процессе проведения испытаний. Во-вторых, это субъективные погрешности, связанные с отсутствием гарантии того, что в ручном процессе проведения испытаний будут проконтролированы все контакты в электрическом соединителе. Увеличение количества контактов в одном электрическом соединителе с одновременной миниатюризацией каждого контакта лишь усугубляет данную проблему. К примеру, электрический соединитель СП388 (аналог Viper VJ776) содержит до 933 контактов в 9 рядах. Соответственно, проведение испытаний электрических соединителей с применением существующей в настоящее время методики, приводит к чрезмерным временным затратам при отсутствии гарантии получения достоверных и повторяемых результатов.

Кроме того, при проведении испытаний с использованием штыря–калибра, важную роль имеет учет износа калибра [4]. В связи с этим необходимо контролировать так же силу, возникающую при сочленении контакта со штырем, а так же количество сочленений–расчленений, которое было выполнено данным штырем–калибром. Это необходимо для своевременного контроля его характеристик во время проведения испытаний с возможностью оповещения о необходимости замены калибра в случае значительного износа.

### Общие положения

Для автоматизации силы сочленения и расчленения контакта электрического соединителя с контрольным штырем–калибром была разработана специализированная измерительная установка. Применение данной установки позволит значительно увеличить точность и производительность процесса проведения данного типа испытаний. Такая установка способна работать в режиме «Тестирование» с контролем контактов по принципу «годен – не годен» и в режиме «Измерение» с фиксацией реальных значений сил сочленения и расчленения контактов с контрольным штырем–калибром [4, 9, 10]. Также контроль силы сочленения и расчленения испытуемого контакта со штырем–калибром позволяет прервать процесс проведения испытания в случае, если возникающая сила превышает допустимую величину во избежание повреждения (разрушения) штыря–калибра.

Перемещение штыря–калибра и тестируемого разъема в рабочей области автоматизированной установки осуществляется по трем координатам. Перемещение по оси  $X$  обеспечивает переход от одного контакта к другому в ряду, перемещение по оси  $Y$  – переход между рядами, а перемещение по оси  $Z$  – проведение измерения силы сочленения и расчленения контакта с ответной штырьковой частью разъема, соединенной с тензодатчиком [9, 10].

Ввод, редактирование параметров перемещения и измерения сил сочленения и расчленения, индикация текущих значений параметров и режимов проведения измерения осуществляется с помощью сенсорной панели [9, 10].

Целью данной работы является разработка алгоритмического обеспечения, позволяющего проводить измерение сил сочленения и расчленения контакта электрического соединителя с контрольным штырем–калибром при помощи автоматизированной установки.

Система управления и индикации [9, 10] должна иметь возможность вручную задавать координаты перемещения измерительного механизма с последующим проведением испытания по определению сил сочленения и расчленения конкретного контакта электрического соединителя.

При этом расстояние между контактами и рядами может быть разным для разных типов электрических соединителей. Соответственно, в общем виде отдельный контакт электрического соединителя имеет собственные координаты. Тогда, при измерении сил сочленения и расчленения контактов электрического соединителя с контрольным штырем-калибром необходимо знать координаты всех контактов. В этом случае система координат представлена на рис. 1.

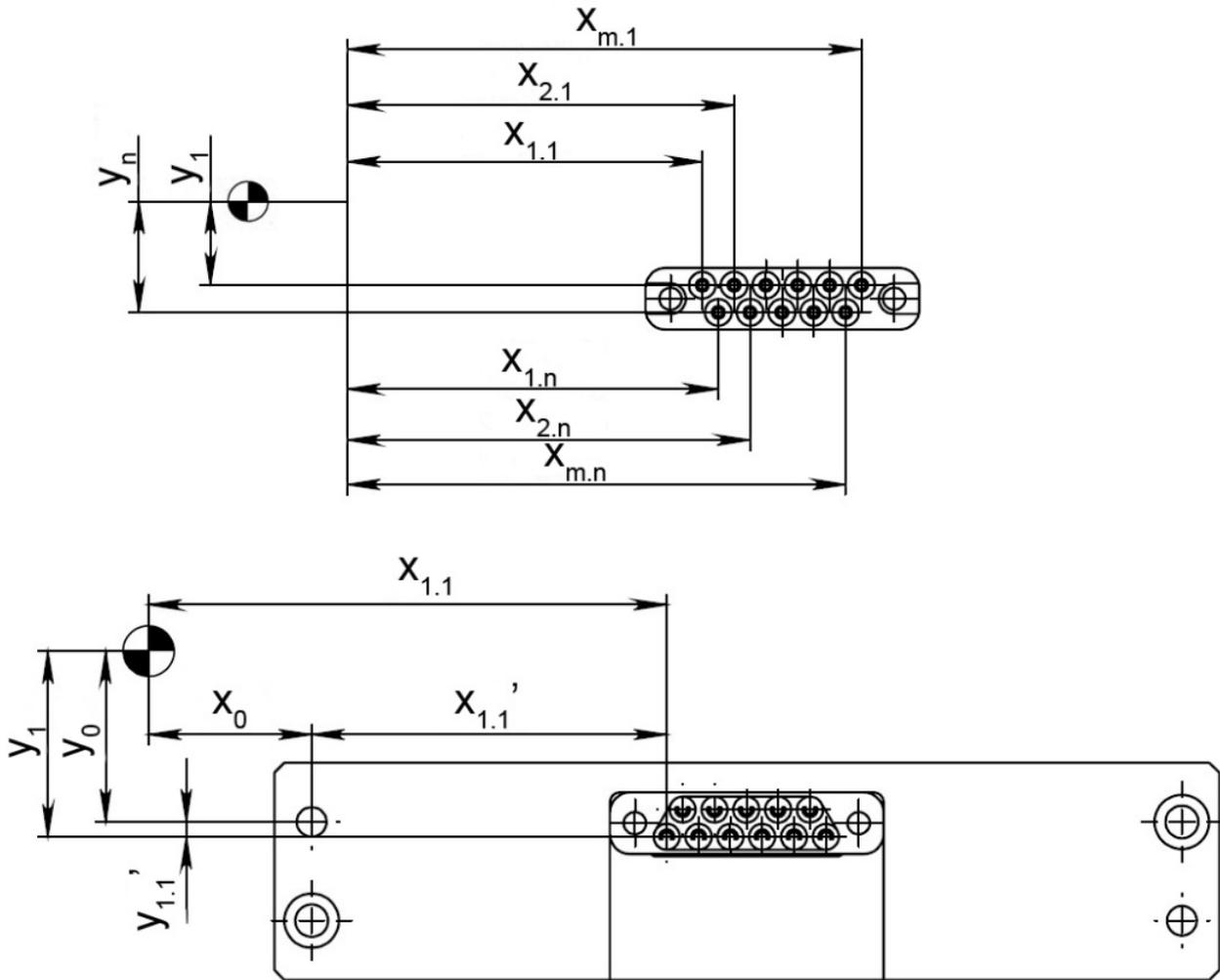


Рис. 1. Общий вид системы координат контактов электрического соединителя

В качестве начала системы координат в данном случае принимается нулевая точка измерительной установки. Положение нулевой точки характеризуется тем, что в ней все три оси измерительной установки находятся в начальном (исходном) положении (так называемая «Home-position»). Таким образом, в общем случае координата  $m$ -го контакта в  $n$ -ом ряду разъема будет определяться координатой  $x_{m,n}$  и  $y_n$ .

Исходя из этого, для каждого типа испытуемого электрического соединителя требуется отдельный алгоритм перемещения тензометрического датчика с контрольным штырем-калибром на расстояния  $x_{m,n}$  и  $y_n$ . Для упрощения этой задачи, предполагается, что оператор сам, зная координаты испытуемых контактов электрических соединителей (исходя из конструкторской документации на соединитель), будет задавать координаты и расстояния

перемещений исполнительных органов измерительной установки.

Поскольку электрический соединитель при измерении силы сочленения–расчленения контакта со штырем–калибром помещается в специализированную высокоточную обойму и позиционируется прижимом к задней стенке оснастки, то  $X_{m,n}=X_0+X_{m,n}'$ , а  $Y_{m,n}=Y_0+Y_{m,n}'$ , где  $X_0$  и  $Y_0$  задано конструктивом обоймы и измерительной установки [9, 10], а  $X_{m,n}'$  и  $Y_{m,n}'$  определяется конструкцией испытуемого соединителя.

### Описание алгоритмического обеспечения

На рис. 2 представлена блок–схема алгоритма работы установки.

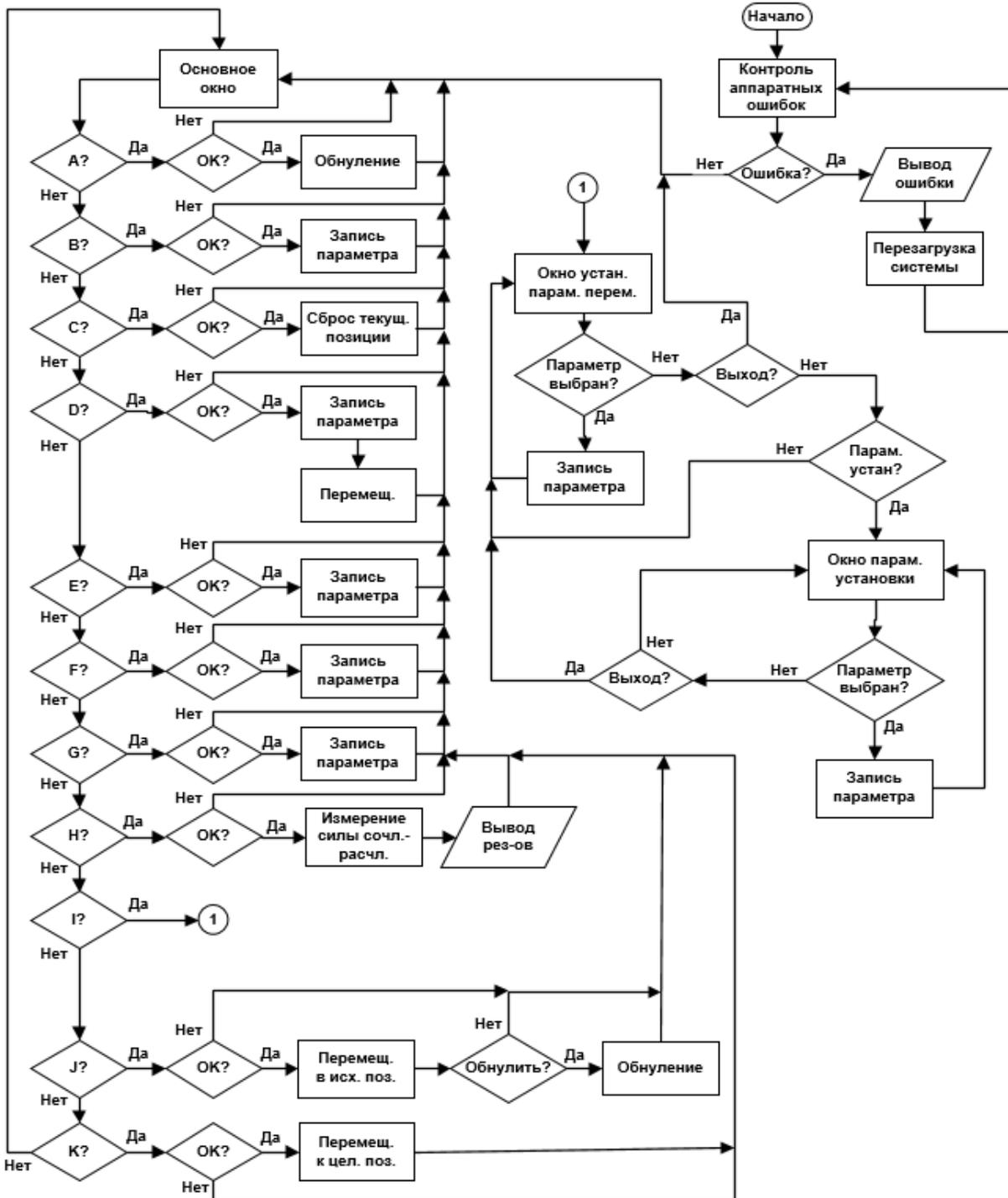


Рис. 2. Блок–схема алгоритма работы установки

После включения установки в питающую сеть запускается процесс контроля аппаратных ошибок. В случае сбоя элементов логики или отсутствия связи с контроллером и измерительным блоком на сенсорном экране появляется сообщение о возникшей ошибке, и система производит перезапуск [11]. В том случае, если все внутренние проверки завершились успешно и периферийные устройства функционируют нормально, то через 30 секунд на экране появляется начальное окно измерительной установки, представленное на рис. 3.



Рис. 3. Визуализация начального окна установки

В верхней левой части окна расположено поле отображения текущей силы, регистрируемой тензодатчиком в ньютонах (опционально значение может быть представлено в грамм–силе (гс)) (метка «А» – на блок–схеме, указанной на рис. 2). При нажатии на это поле запускается процедура подтверждения текущей операции (ППТО). Данная процедура заключается в том, что на экране отображается окно подтверждения, в котором содержится текстовая информация о выполняемой операции, краткой инструкции (сообщение: «Нажмите ОК при готовности») и двух кнопок «ОК» и «ОТМЕНА».

При нажатии на кнопку «ОТМЕНА» происходит возврат к начальному окну, в случае подтверждения выполняемой операции (нажатие на кнопку «ОК») запускается процесс – в данном случае, это процедура калибровки нуля тензодатчика. При этом тензодатчик должен быть нагружен только посадочным местом измерительного щупа и самим щупом. Во время проведения процедуры калибровки запрещается прикасаться к этим элементам и к тензодатчику.

При выполнении калибровки установка выполняет последовательное измерение текущего значения сигнала 100 раз, снимаемого с тензодатчика, и по этим данным вычисляет среднеарифметическое значение. После этого измеренное и усредненное значение устанавливается в качестве нулевого значения, все последующие измерения аддитивно сдвигаются на это значение нуля [11].

Справа от окна отображения текущей силы расположено поле, в котором задается максимальная сила (метка «В» на блок–схеме). При нажатии на данное поле запускается

ПШТО, а после подтверждения открывается окно ввода значения параметра (ОВЗП), представляющее собой калькулятор ввода значений с кнопками «ОК» и «ОТМЕНА». Введенное значение должно быть корректным, т.е. удовлетворять условию:  $0 < F_{max} \leq 29,4 \text{ Н}$  (3000 гс). Т.к. в конструкции данной установки используется тензодатчик, регистрирующий силу до 29,4 Н (3000 гс), то соответственно, максимальная сила не должна быть выше этого значения.

В том случае, если в процессе работы установки произойдет превышение введенной максимальной силы, то процесс измерения автоматически прерывается, а на экране появляется предупреждение о причине остановки.

Далее расположены три блока для осей перемещения установки по координатам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Каждый блок перемещений состоит из следующих кнопок/полей: поле отображения текущей координаты в мм (метка «С»), поле перемещения выбранной оси в мм (метка «D»), целевая позиция в мм (метка «E») и функция включения–отключения блокировки вала привода в паузе.

При нажатии на поле отображения текущей координаты открывается ПШТО, при подтверждении выполняемого действия текущая координата обнуляется. Это необходимо для того, чтобы при проведении измерения сил сочленения–расчленения контакта электрического соединителя можно было измерять относительные перемещения и производить обнуление координаты.

Поле перемещения выбранной оси состоит из двух кнопок «+» и «-». Кнопка «+» обеспечивает перемещение подвижной плиты, выбранной оси установки, в положительном направлении, а «-» – в отрицательном. При нажатии на каждую из кнопок запускается процедура ПШТВО и ОВЗП, после чего происходит перемещение подвижной плиты в выбранном направлении на заданное расстояние в мм. Данная функция необходима для ручной корректировки положения плиты выбранной оси между измерениями.

При нажатии на поле изменения целевой позиции, как и в случае, описанном ранее, происходит запуск ПШТВО и ОВЗП, но перемещение подвижных плит установок в координату, определенную данным окном, осуществляется отдельно после нажатия на кнопку «Перемещение к целевой позиции» (метка «K»).

Функция блокировки в паузе определяет поведение контроллера шагового двигателя при остановках. При неактивном состоянии индикатора контроллер шагового двигателя полностью выключает генерацию питающего тока в обмотках шагового двигателя и его вал можно повернуть вручную. При активном состоянии индикатора контроллер шагового двигателя продолжает формировать ток в обмотках двигателя, что приводит к блокировке свободного вращения вала. Нажатие на это поле сенсорного экрана вызывает диалоговое окно с предложением переключить данный режим на противоположный [11].

Процедура испытаний также определяется дистанцией перемещения штыря–калибра по оси  $Z$ , иными словами – расстоянием ввода и вывода щупа в соединитель. Данный параметр задается полем «Дистанция измерения (мм)» (метка «F»).

Число циклов измерения задается окном «Число циклов» (метка «G»).

При нажатии на все окна, описанные ранее, запускаются процедуры ПШТВО и ОВЗП.

Значения параметров проведения измерений записываются во встроенную энергонезависимую память установки и сохраняются при выключении питания.

Процесс измерения сил сочленения и расчленения контакта электрического соединителя с контрольным штырем–калибром заключается в том, что пользователю необходимо сначала закрепить в специализированной обойме штырь, установить испытуемый электрический соединитель в соответствующие посадочные места, проконтролировать правильность установки параметров измерения и запустить процесс нажатием на поле «ПУСК» (метка «H»). После запуска процесса испытания ось  $Z$ , с закрепленным на ней тензодатчиком, перемещается на расстояние, которое задано параметром «Измерения. Дистанция (мм)» с параметрами перемещения, заданными в опциях

группы «Параметры перемещения» с одновременным контролем силы, фиксируемой тензодатчиком.

При успешном завершении процесса испытаний на экране сенсорной панели отображается всплывающее окно с результатами измерений, как это показано на рис. 4. При этом отображаются средние значения сил сочленения и расчленения, а также максимальные значения сил сочленения и расчленения, зафиксированные во время проведения измерений.

В целях получения детализированных данных о результатах тестирования и измерения установка автоматически генерирует файлы протокола и сохраняет их на флеш-карту. Для этого используется формат представления данных JSON, а в качестве имени файла применяют уникальный идентификатор, сформированный из даты и времени начала проведения тестирования или измерения. В файле протоколируется поток данных о величине сил, фиксируемых тензометрическим датчиком, для последующей обработки и формирования графиков. Полученный файл необходимо открыть через специальное приложение, после чего на экране отобразится график с результатами проведенного измерения [11].

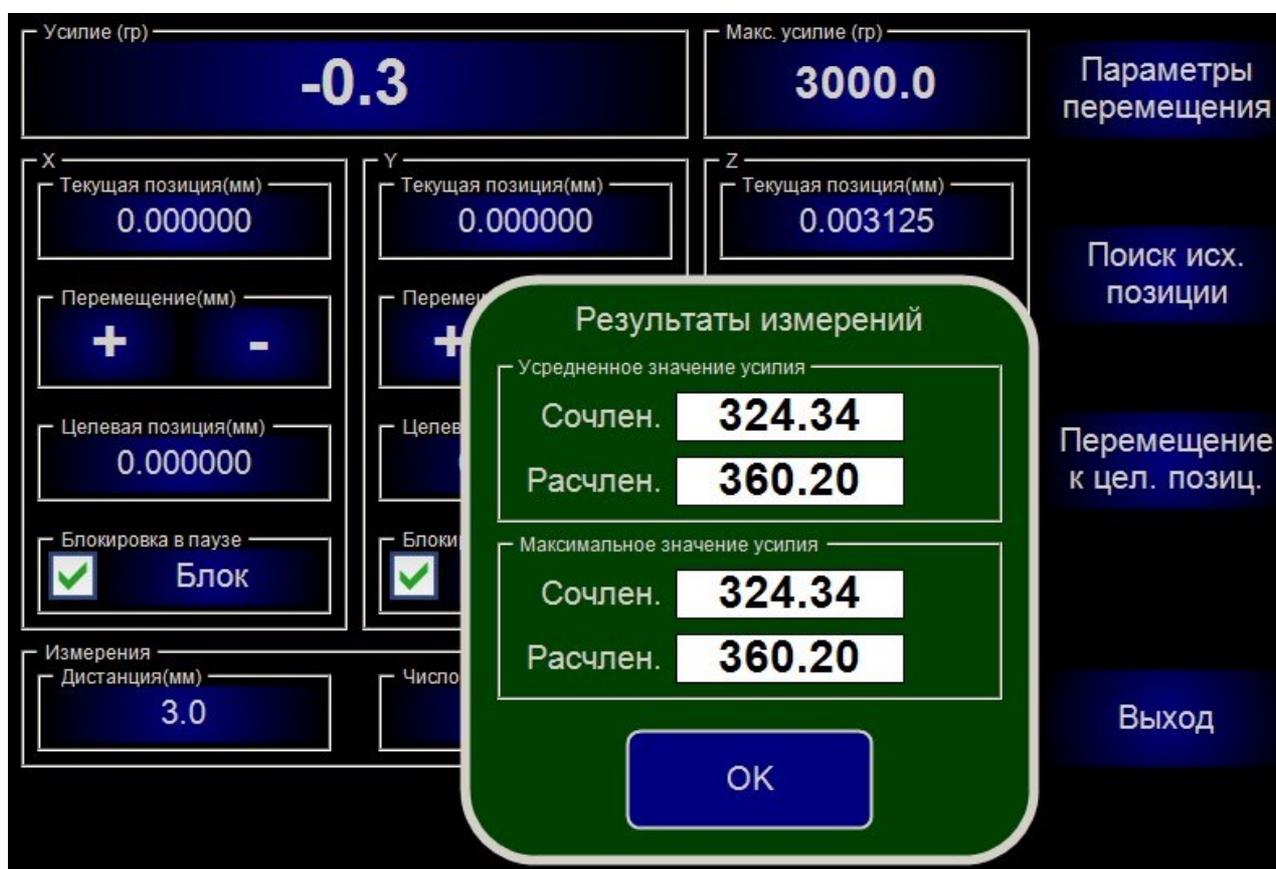


Рис. 4. Визуализация окна отображения результатов измерения

Нажатие на поле «Поиск исходной позиции» (метка «J») осуществляет вызов ППТВО, после этого подвижные плиты осей поочередно осуществляют перемещение до срабатывания концевого датчика, который определяет начальное положение. Далее появляется окно подтверждения обнуления исходной позиции.

При нажатии на поле «Параметры перемещения» (метка «I») происходит переключение визуализации на окно установки параметров перемещения (рис. 5).

Данное окно состоит из полей, при помощи которых можно изменять следующие параметры: «Текущая позиция (мм) и «Перемещение (мм)», «Ток двигателя (мА)», начальная и конечная скорости перемещения подвижной плиты выбранной плиты в мм/сек,

«Блокировка в паузе», «Датчик положения «Вкл/выкл».

При нажатии на кнопку «Выход» происходит переключение обратно на начальное окно визуализации. При нажатии на поле «Параметры установки» происходит переключение визуализации на окно «Параметры установки».



Рис. 5. Визуализация окна установки параметров перемещения

В данном окне имеется возможность редактирования следующих параметров установки:

1) «Микрошаг» – коэффициент дробления микрошагового режима двигателя. Допускается установка коэффициентов: 1, 2, 8, 16. Ввод других значений игнорируется и выводится сообщение о недопустимом значении параметра.

2) «Шагов/оборот» – число полных шагов для полного оборота вала двигателя на 360°. Определяется типом установленного шагового двигателя. Так, для двигателей с углом поворота 1,8°/шаг необходимо установить данный параметр равный 200, а для двигателей с углом поворота 0,9°/шаг необходимо установить параметр равный 400.

3) «Шаг ШВП (мм)» – шаг шарико-винтовой передачи (ШВП) оси, или другими словами перемещение подвижной части установки в мм при повороте вала двигателя на один полный оборот.

4) «Ускорение (%)» – ускорение от начальной скорости шагового двигателя до максимальной (от 0% до 100%) в режиме перемещения.

5) «Торможение (%)» – ускорение торможения от текущей скорости перемещения до нуля в процессе остановки двигателя (от 0% до 100%) в режиме перемещения.

6) «Ток в паузе (%)» – величина тока в обмотках шагового двигателя в режиме остановки в % от значения, установленного параметром «Ток двигателя».

7) «Задержка паузы (мс)» – время (в миллисекундах) от момента остановки двигателя до его перехода в спящий режим и понижения тока в обмотках до величины, установленной параметром «Ток паузы (%)».

Нажатие на кнопку «ВЫХОД» приводит к переключению окна визуализации на предыдущее.

### Заключение

Таким образом, разработанный алгоритм работы позволяет в автоматизированном режиме проводить процесс измерения сил сочленения и расчленения контактов электрических соединителей с контрольным штырем–калибром. Благодаря этому повышается точность и производительность процесса измерения, кроме того, исключается воздействие человеческого фактора при испытаниях.

Алгоритмическое обеспечение позволяет перед началом работы выполнять диагностику на наличие аппаратных ошибок, изменять и корректировать различные параметры установки (скорость, ускорение, микрошаг и т.д.), выполнять измерение силы сочленения–расчленения с возможностью ручного ввода параметров перемещения осей установки, а также обеспечивает вывод результатов измерения на экран сенсорной панели или записывает регистрируемые параметры на внешний носитель информации.

В перспективе после определения номенклатуры испытываемых электрических соединителей и разработки посадочных мест для них, предполагается полностью автоматизировать процесс измерения силы сочленения и расчленения контакта с контрольным штырем–калибром за счет применения в программном обеспечении аналогов команд G-кодов, что значительно упростит процесс программирования. Алгоритмы перемещения подвижных осей установки будут храниться в энергонезависимой памяти. В этом случае оператору не нужно будет вручную вводить координаты контактов и каждый раз принудительно запускать процесс измерения – все сведется к тому, что необходимо лишь установить соединители в посадочные места, из всплывающего списка выбрать тип испытываемого разъема, запустить процесс испытания и зафиксировать полученные результаты.

Энергонезависимая память [9, 10] может быть расположена в технологической сменной обложке электрического соединителя, что позволит хранить в ней не только координаты всех контактов соединителя, но и величины сил для конкретного типа соединителя, глубину ввода штыря–калибра, скорости перемещения и прочие персональные данные для конкретного испытываемого типа электрического соединителя.

#### Список литературы:

1. Сафонов, А.Л. Зависимость переходного сопротивления электрических контактов от направления вектора контактного усилия / А.Л. Сафонов, Л.И. Сафонов // Технологии в электронной промышленности. – 2014. – № 1. – С. 74–79.
2. Hsu, Y.–L. Shape optimal design of the contact springs of a connector / Y.–L. Hsu, Y.–C. Hsu, M.–S. Hsu // Journal of Electronic Packaging. – 2002. Vol. 124. – P. 178–183.
3. Obane, H.E. Plug-in connectors aging and in situ diagnostic tool for measurement implementation / H. E. Obane, R. Abdi, N. Benjema, E. Carvou // The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics. – 2016. – Issue 49. – P. 19–27.
4. Сафонов, А.Л. О некоторых аспектах разработки и производства электрических соединителей / А.Л. Сафонов, Л.И. Сафонов. – СПб. : Изд-во «Медиа Группа Файнстрит», 2015. – 295 с.
5. Уткин, Г.И. Особенности процесса трения рабочих поверхностей деталей контактной пары разъемного электрического соединителя / Г.И. Уткин, В.В. Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – № 2–5 (292). – С. 95–

#### References:

1. Safonov, A.L. Dependence of the Transient Resistance of Electrical Contacts on the Direction of the Contact Force Vector / A.L. Safonov, L.I. Safonov // Technologies in the Electronic Industry. – 2014. – no. 1. – pp. 74–79.
2. Hsu, Y.–L. Shape Optimal Design of the Contact Springs of a Connector / Y.–L. Hsu, Y.–C. Hsu, M.–S. Hsu // Journal of Electronic Packaging. – 2002. vol. 124. – pp. 178–183.
3. Obane, H.E. Plug-in Connectors Aging and in Situ Diagnostic Tool for Measurement Implementation / H.E. Obane, R. Abdi, N. Benjema, E. Carvou // The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics. – 2016. – Issue 49. – pp. 19–27.
4. Safonov, A.L. About Some Aspects of Development and Production of Electrical Connectors / A.L. Safonov, L.I. Safonov. – SPb. : Publishing house “Media Group Finestreet”, 2015. – 295 p.
5. Utkin, G.I. Features of the friction Process of the Part Working Surfaces of a Contact Pair of a Detachable Electrical Connector / G.I. Utkin, V.V. Markov // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2012. – no. 2-5 (292). – pp. 95–100.

100.

6. Катунин, А.Д. Актуальные проблемы контроля сил коммутации прямоугольных электрических соединителей / А.Д. Катунин, Л.И. Лебедева // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2014. – № 4 (306). – С. 139–143.
7. ГОСТ 23784–98. Соединители низкочастотные низковольтные и комбинированные. Технические условия. – Москва : Изд-во стандартов, 1998. – 24 с.
8. ГОСТ 27277–87. Метод проверки удерживающего усилия упругих контактов. Государственный стандарт. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.
9. Акулов, П.А. Автоматизированная установка измерения силы сочленения и расчленения единичного контакта электрического соединителя / П.А. Акулов, Д.И. Петрешин // *Вестник Брянского государственного технического университета*. – 2017. – № 5 (58). – С. 66–72.
10. Акулов, П.А. Автоматизация контрольной операции проверки электрических соединителей / П.А. Акулов, Д.И. Петрешин // *Автоматизация. Современные технологии*. – 2019. – Т. 73. – № 6. – С. 257–262.
11. Акулов, П.А. Алгоритмическое обеспечение установки контроля сил сочленения и расчленения электрических соединителей / П.А. Акулов, Д.И. Петрешин // *Известия Юго-Западного государственного университета*. – 2018. – Т. 22, № 4 (79). – С. 94–104.

6. Katunin, A.D. Actual Problems of the Switching Force Control of Rectangular Electrical Connectors / A.D. Katunin, L.I. Lebedeva // *Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology*. – 2014. – no. 4 (306). – pp. 139-143.
7. GOST 23784–98. Low-Frequency Low-Voltage and Combined Connectors. Specifications. – Moscow: Publishing house of standards, 1998. – 24 p.
8. GOST 27277–87. Check Method of Confining Force of Elastic Contacts. State Standard. – Moscow: Publishing house of standards, 1987. – 5 p.
9. Akulov, P.A. Automated Plant for Measurement of Joint and Disjoint Force of Electric Connector Single Contact / P.A. Akulov, D.I. Petreshin // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2017. – no. 5 (58). – pp. 66-72.
10. Akulov, P.A. Automation of the Control Test Operation of Electrical Connectors / P.A. Akulov, D. I. Petreshin // *Automation. Modern Technologies*. – 2019. – vol. 73. – no. 6. – pp. 257-262.
11. Akulov, P.A. Algorithmic Support of the Control System of the Force of Joint and Disjoint Of Electrical Connectors / P.A. Akulov, D.I. Petreshin // *Proceedings of the Southwest State University*. – 2018. – vol. 22, no. 4 (79). – pp. 94-104.

*Статья поступила в редколлегию 25.12.2020.*

*Рецензент: канд. техн. наук, доц.,*

*Брянский государственный технический университет*

*Подвесовский А.Г.*

*Статья принята к публикации 11.01.2021.*

#### **Сведения об авторах**

##### **Акулов Павел Александрович**

аспирант кафедры «Автоматизированные технологические системы», ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».  
E-mail: akulov.paul@mail.ru

##### **Сырых Андрей Дмитриевич**

генеральный директор, ООО «КОНСТРУКТОР», г. Брянск  
E-mail: andrew@syrykh.com

##### **Петрешин Дмитрий Иванович**

д-р техн. наук, доцент, директор учебно-научного технологического института, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».  
E-mail: dipetreshin@yandex.ru

#### **Information about authors:**

##### **Akulov P.A.**

Post graduate student of the Department “Automated Technological Systems” of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bryansk State Technical University”  
E-mail: akulov.paul@mail.ru

##### **Syrykh A.D.**

Director General, “KONSTRUKTOR” LLC, Bryansk  
E-mail: andrew@syrykh.com

##### **Petreshin D.I.**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Educational and Scientific Technological Institute of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bryansk State Technical University”  
E-mail: dipetreshin@yandex.ru