

Автоматизация процесса испытания материала на растяжение

Automation of the material tensile testing process



И. Д. Долгушев,
инженер
✉ dolgushev_id@voenmeh.ru

I. D. Dolgushev,
engineer



С. А. Мешков,
к. т. н., доцент
✉ meshkovcergey@mail.ru

S. A. Meshkov,
candidate of technical sciences, docent

Кафедра инжиниринга и менеджмента качества, Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Department of engineering and quality management, Baltic state technical university «Voenmeh» n. a. D. F. Ustinov

В данной работе исследуется способ автоматизации процесса испытания материала на растяжение посредством модернизации разрывной машины, рассматриваемой в качестве устаревшего оборудования, для создания на ее основе автоматизированного испытательного стенда.

В ходе работы были описаны основные характеристики объекта модернизации — разрывной машины, изготовлены уникальные детали, необходимые для установки нештатных первичных преобразователей, применяемых в ходе модернизации, подобраны компоненты цепи преобразования, на персональный компьютер установлено специальное ПО для обработки получаемых данных. Стенд был собран и протестирован путем проведения испытания образца материала на растяжение.

Авторы считают, что рассмотренный относительно несложный способ автоматизации процесса позволит вернуть в эксплуатацию рабочее оборудование лабораторий и предприятий, которое устарело с точки зрения измерения величин и обработки полученных данных, создавая на его основе испытательные стенды.

This paper explores a way to automate the process of tensile testing of a material by upgrading a tensile testing machine, considered as obsolete equipment, to create an automated testing stand on its basis. In the course of the work, the main characteristics of the modernization object — the tensile testing machine — were described, unique parts necessary for installing non-standard primary converters used during modernization were manufactured, components of the conversion circuit were selected, and special software was installed on a personal computer for processing the received data. The stand was assembled and tested by tensile testing a material sample. The author believes that the considered relatively simple method of automating the process will make it possible to return into operation the working equipment of laboratories and enterprises, which is outdated from the point of view of measuring quantities and processing the data obtained, creating test benches on its basis.

Ключевые слова: разрывная машина, первичный преобразователь, цифровой датчик, программное обеспечение.

Keywords: tensile testing machine, primary transducer, digital sensor, software.

Современное производство пластмасс представляет собой активно развивающуюся отрасль химической промышленности. Пластмассы все чаще находят свое применение не только в бытовой технике и изделиях неотчетливого назначения, но и в специальных устройствах, что повышает требования к точности результатов одного из основных этапов производства применяемых материалов — их испытаний, в том числе и на механические воздействия.

Испытание материала на статическое растяжение позволяет определить важнейшие механические свойства материалов, применяемых в качестве конструкционных. Например, упругие свойства материала определяются модулем упругости, а прочность — пределами текучести (при наличии таковых) и прочностью [1]. Требования к испытательным стендам определяются стандартами ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» и ГОСТ 34370-2017 «Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении» [2, 3].

В условиях импортозамещения и наличия на предприятиях большого количества устаревшего, но находящегося в рабочем состоянии оборудования описанный ниже метод автоматизации процесса позволит ввести такое оборудование в эксплуатацию, не

внося при этом в конструкцию оборудования существенных изменений. В случае, описанном в данной работе, это означает сохранение в изначальном виде механизма растяжения образца, включая органы управления.

Основой для создания полноценного испытательного стенда послужила разрывная машина немецкого производства. Для решения задач автоматизации проводимых с ее помощью испытаний необходимо было произвести модернизацию машины. Для этого были использованы современные первичные преобразователи сигналов, а также другие приборы, составляющие цепь преобразования. Целью данной работы является исследование возможности создания на основе устаревшего оборудования автоматизированного испытательного комплекса.

Исходные данные

В данной работе основным методом исследования является экспериментальный подбор компонентов, вошедших в состав установки для испытания на растяжение. Также применялся метод теоретического моделирования уникальных приспособлений, необходимых для окончательной сборки стенда.

Таблица 1

Основные данные о разрывной машине

Характеристика	Значение
Производитель	Тюрингский промышленный завод Рауенштайн
Страна-производитель	Германия
Код ОКПД 2	28.99.39.190 «Оборудование специального назначения прочее, не включенное в другие группировки»
Привод	Электромеханический
Предельно допустимое усилие, кгс	250
Диапазон скоростей, мм/мин	10-50



Рис. 1. Общий вид разрывной машины

Общий вид разрывной машины приведен на рис. 1. Основные исходные данные о разрывной машине приведены в табл. 1.

В состав органов управления разрывной машиной входят выключатель, предназначенный для включения/выключения двигателя машины, рукоять изменения скорости перемещения подвижной штанги машины и рычаг изменения направления перемещения подвижной штанги. Для закрепления образца применяются штатные приспособления, одно из которых соединено с маятником, расположенным в задней части машины, а другое — с подвижной штангой.

Также разрывная машина оснащена органами отображения и записи результатов. В качестве органа отображения прилагаемого к образцу усилия выступает циферблат с тремя шкалами для трех разных диапазонов величины прилагаемого усилия: от 0 до 50 кгс, до 100 кгс и до 250 кгс. Стрелка на циферблате механически соединена с маятником, изменение массы груза на котором позволяет переходить от одного диапазона к другому. Роль записывающего устройства выполняет встроенный механический самописец,

в процессе проведения испытания строящий кривую зависимости удлинения образца от прилагаемого к нему усилия. С начала работы с разрывной машиной самописец находится в нерабочем состоянии.

Машина способна обеспечивать постоянную скорость в диапазоне, указанном в табл. 1. В качестве штатной оснастки для закрепления образца применяются клиновые зажимы.

Создание испытательного стенда

Первым этапом модернизации разрывной машины стало решение задачи по установке на нее двух первичных преобразователей — тензометрического датчика и датчика удлинения.

S-образный тензометрический датчик (рис. 2), принцип работы которого основан на деформации тензорезистора, включенного в схему моста Уитстона, был установлен между подвижной штангой и нижним зажимом образца. Поскольку нижний зажим изначально был установлен на подвижную штангу посредством штифтового соединения, были спроектированы и изготовлены специальные переходники с резьбовыми соединениями под соответствующие отверстия на тензометрическом датчике, соединяющиеся с помощью штифтов с подвижной штангой и нижним зажимом образца соответственно. Снятие показаний с тензометрического датчика, установленного таким образом, требует учета постоянно создаваемого нижним зажимом давления. В силу применения наименьшего возможного количества деталей, составляющих жест-



Рис. 2. Общий вид S-образного тензометрического датчика

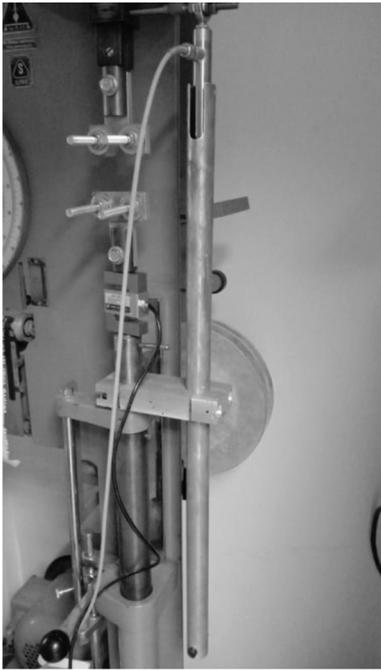


Рис. 3. Общий вид датчика удлинения

кое соединение штанги, датчика и приспособления, данный способ установки датчика считается оказывающим наименьшее влияние на снимаемые показания.

Подвижная штанга также была задействована для установки датчика удлинения (рис. 3), представляющего собой дифференциальный трансформатор, внутри которого перемещается ферромагнитный стержень. Конструкция датчика предполагала его закрепление

с помощью двух шаровых шарнирных соединений, расположенных на концах датчика. Почти полностью датчик был размещен внутри стальной трубы, одним из своих концов он был закреплен с помощью болта и отверстий в ее стенках; труба была установлена в хомут, жестко соединивший ее с подвижной штангой. Верхний конец датчика был закреплен на конце штифта, соединяющего верхний зажим образца с деталью, передающей его перемещение маятнику. Таким образом было обеспечено изменение расстояния между зажимами образца и перемещение ферромагнитного стержня на одинаковую величину — реализованный способ измерения удлинения образца допустим с точки зрения требований ГОСТ 34370-2017, предписывающих применять соответствующий метод А для обработки данных, полученных таким образом (см. пп. 10.2.2.2 указанного стандарта).

После установки первичных преобразователей необходимо было обеспечить преобразование поступающих с них аналоговых сигналов и передачу их на персональный компьютер, применяемый для отображения, сохранения и обработки данных. Для выполнения этой задачи были использованы приборы производства отечественной компании ZETLab: два цифровых датчика, ZET 7110 (рис. 4, а) и ZET 7111-L (рис. 4, б), и преобразователь интерфейсов ZET 7174 (рис. 4, в). Все компоненты цепи преобразования первичных сигналов в штатной комплектации оснащены магнитами для удобного закрепления их на магнитных поверхностях, но в данном случае все они, а также блок питания, были размещены на DIN-рейке с помощью пластин, поставленных в комплекте с устройствами.

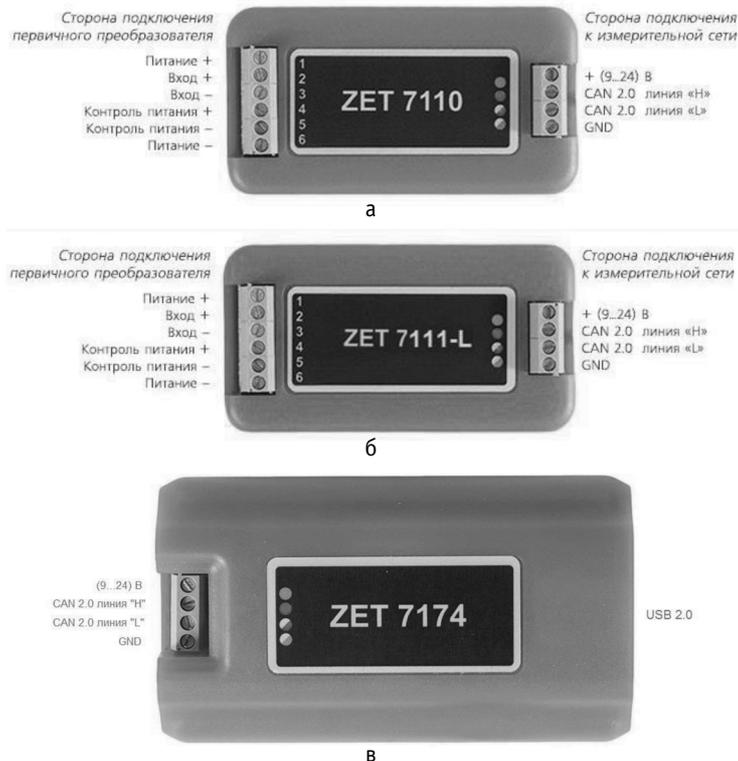


Рис. 4. Устройства ZETLab в составе цепи преобразования:
 а — цифровой датчик ZET 7110, б — цифровой датчик ZET 7111-L,
 в — преобразователь интерфейсов ZET 7174

Каждый цифровой датчик выполняет несколько функций, предназначен для преобразования конкретного сигнала и содержит для него набор настроек. Основные функции цифрового датчика: подача питания на первичный преобразователь и АЦ-преобразование приходящего с него сигнала. Из этого следует, что для каждого конкретного типа первичных преобразователей необходим свой цифровой датчик — в основном отличие заключается в том, требуется первичному преобразователю для нормальной работы постоянный или переменный ток. От этого, соответственно, зависит характер сигнала, получаемого на выходе преобразователя. Так, в данной работе к тензометрическому датчику был подключен цифровой датчик ZET 7110, обеспечивающий питание постоянным током и преобразующий изменяющееся во времени постоянное напряжение, снимаемое с диагонали моста; к датчику удлинения подключен ZET 7111-L, питающий его переменным током и преобразующий переменное напряжение, амплитуда которого изменяется так же, как изменяется расстояние между зажимами.

Первичные преобразователи подключаются к цифровым датчикам с помощью шести контактов: питание «+», вход «+», вход «-», контроль питания «+», контроль питания «-», питание «-» [4, 5].

Преобразователь интерфейсов ZET 7174 получает преобразованные выходные сигналы с цифровых датчиков по интерфейсу CAN 2.0, применяемому в цепи между устройствами производства ZETLab, и отправляет их на персональный компьютер по интерфейсу USB 2.0, который обеспечивает передачу больших объемов данных и команд без задержек [6].

Компьютер, к которому была подключена цепь преобразования, также выполняет ряд функций благодаря установленному на нем специальному ПО, поставляемому в комплекте с цифровыми датчиками ZETLab. Данное ПО представляет собой совокупность большого числа виртуальных приборов, применяемых для отображения, обработки, записи и чтения данных, поступающих с цепи преобразования. Также с помощью данного ПО производится диагностика подключения компонентов цепи преобразования, настройка их работы и многие другие действия [7].

Также в качестве специального ПО на компьютере была установлена автоматизированная система управления технологическими процессами ZETView. Данное ПО является средой разработки автоматизированных рабочих мест с применением подключаемых приборов на базе персональных компьютеров [8].

После подсоединения цепи преобразования к компьютеру с помощью функции «Диспетчер устройств» во вкладке «Сервисные» панели ZETLab было проконтролировано правильное подключение всех компонентов, а также были введены коэффициенты преобразования для цифровых датчиков, взятые из документации на первичные преобразователи. Затем по нижеследующему алгоритму было произведено тестирование полученного стенда.

Перед началом испытания на компьютере через вкладку «Отображение» была запущена программа «Многоканальный осциллограф» для отображения

данных, поступающих с первичных преобразователей. Также был запущен SCADA-проект для испытания образцов на растяжение и построения кривой «напряжение – относительное удлинение». На разрывную машину было подано питание.

Образец был закреплен в зажимах, после чего рычаг изменения направления перемещения подвижной штанги был приведен в крайнее нижнее положение, и началось растяжение образца. Запись данных в SCADA-проекте началась после достижения нижнего порогового значения напряжения, в окне «Многоканальный осциллограф» появились изменения показаний первичных преобразователей. После разрыва образца запись данных в SCADA-проект была автоматически остановлена, работу «Многоканального осциллографа» оператор остановил нажатием соответствующей кнопки. Затем был произведен расчет характеристик материала в SCADA-проекте и сохранение данных в обеих программах.

Итоги работы

Поставленная задача по модернизации разрывной машины была решена посредством изготовления специальных приспособлений для установки первичных преобразователей, а также подключения их к цепи преобразования и персональному компьютеру с установленным на нем специальным ПО. Это стало возможным благодаря применению приборов, представляющих собой законченные изделия в закрытых корпусах с предусмотренными в их конструкции крепежными элементами. Это свойство позволяет в данном конкретном случае избежать необходимости внесения изменений в конструкцию механизма разрывной машины, а в общем случае — реализовать различные варианты установки данных приборов.

Следует также отметить, что итоговое расположение кабелей, отходящих от первичных преобразователей, не затрудняет проведение испытаний: кабели не располагаются вблизи зажимов образца или других подвижных механизмов разрывной машины.

В ходе модернизации разрывной машины были обеспечены:

- автоматизация сбора измерительной информации: нагрузки, прилагаемой к образцу, F , кгс, и прироста расстояния между зажимами с момента начала испытания L_0 , мм;
- автоматизация операций измерительной цепи: прием информации с объекта испытания посредством первичных преобразователей, АЦ-преобразование сигналов, поступающих с первичных преобразователей;
- автоматизация передачи информации от измерительной цепи персональному компьютеру через преобразователь интерфейсов;
- автоматизация обработки измерительной информации посредством работы ПО, установленного на персональном компьютере;
- автоматизация документальной регистрации результатов измерения посредством формирования отчета об испытании средствами ПО;

- автоматизация диагностики подключения преобразователей, входящих в состав измерительной цепи.

При этом также важно заметить, что полученный испытательный стенд является именно автоматизированным, то есть часть функций в ходе процесса испытания образца берет на себя оператор [9].

Результатом данной работы является полноценный испытательный комплекс, предназначенный для испытания пластмасс и других полимеров на растяжение,

основанный на модернизированной разрывной машине. С помощью данного комплекса можно с достаточной высотой для современных производств точно регистрировать и обрабатывать данные, получаемые во время испытаний. Описанный способ создания испытательного стенда позволит как сократить расходы на оснащение производства, не снизив при этом качество получаемых с его помощью результатов, так и продлить эксплуатацию морально устаревшего оборудования, механическая часть которого исправно функционирует.

Список использованных источников

1. В. В. Толмачев, И. Н. Матвеева. Современное состояние метрологического обеспечения испытаний на статическое растяжение. 2022, 16 с.
2. ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение». 2017. 20 с.
3. ГОСТ 34370-2017 «Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении». 2017. 20 с.
4. ЭТМС.421425.001-10PЭ «Цифровые тензодатчики ZET 7010, ZET 7110, ZET 7111. Руководство по эксплуатации». 38 с.
5. ЭТМС.421425.001-111LPЭ «Цифровой датчик линейных перемещений ZET 7111-L. Руководство по эксплуатации». 16 с.
6. ЭТМС.421425.001-174LPЭ «Преобразователь интерфейса ZET 7174. Руководство по эксплуатации». 16 с.
7. ЗТМС.01000-01 34 РО «Программное обеспечение ZETLab. Руководство пользователя». 899 с.
8. ЗТМС.05000-01 34 РО «SCADA ZETView. Руководство пользователя». 1108 с.
9. Г. И. Липатов. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учебное пособие. 2011. 138 с.

References

1. V. V. Tolmachev, I. N. Matveeva. The current state of metrological support for static tensile tests. 2022. 16 p.
2. GOST 11262-2017 «Plastics. The method of tensile testing». 2017. 20 p.
3. GOST 34370-2017 «Plastics. Determination of mechanical properties under tension». 2017. 20 p.
4. ETMS.421425.001-10RE «Digital load cells ZET 7010, ZET 7110, ZET 7111. Operation Manual». 38 p.
5. ETMS.421425.001-111LRE «Digital linear displacement sensor ZET 7111-L. Operation Manual». 16 p.
6. ETMS.421425.001-174LRE «ZET 7174 interface converter. Operation Manual». 16 p.
7. ZTMS.01000-01 34 RO «ZETLab software. User's Guide». 899 p.
8. ZTMS.05000-01 34 RO «SCADA ZETView. User's Guide». 1108 p.
9. G. I. Lipatov. Automation of measurements, control and tests: textbook. 2011. 138 p.