

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ОДНОНАПРАВЛЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЙ, ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ВРЕМЕНИ ДО РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦА

© 2011 Д. Н. Лебедев, Е. С. Щербаков, М. Н. Ларин, А. С. Мигачев, Е. А. Ильин

Серпуховской военной институт

Приведено описание экспериментальной установки для исследования длительной прочности однонаправленных полимерных композиционных материалов. В качестве модели используется образец микропластика, который нагружают с помощью гидроцилиндра до его разрушения, на светочувствительную ленту производится запись диаграмм изменения сил и перемещений. Работы повторяются при различных скоростях перемещения штока гидроцилиндра. Определяется зависимость предела прочности образцов от скорости приложения нагрузки.

*Микропластик, полимерный композиционный материал, предел длительной прочности.*

Известна установка для измерения длительной прочности однонаправленных полимерных композиционных материалов [1,3]. Но в процессе работы выяснилось, что данной установке присущи определенные недостатки, которые снижают точность измерения.

Недостатками являются:

- 1) датчик перемещений, установленный между активным и пассивным захватами, не способен с высокой точностью зафиксировать изменение формы образца [2,3];
- 2) установка для испытания на длительную прочность однонаправленных полимерных композиционных материалов не способна реализовать автоматическое включение и выключение измерительной аппаратуры при

испытании однонаправленных полимерных композиционных материалов.

Целью данной установки является – улучшение точности измерения и возможности автоматического включения и выключения измерительной аппаратуры при испытании однонаправленных полимерных композиционных материалов.

На рис. 1 изображена схема установки для испытания на длительную прочность однонаправленных полимерных композиционных материалов.

На рис. 2 изображено устройство для измерения усилий, перемещений и времени до разрушения образца.

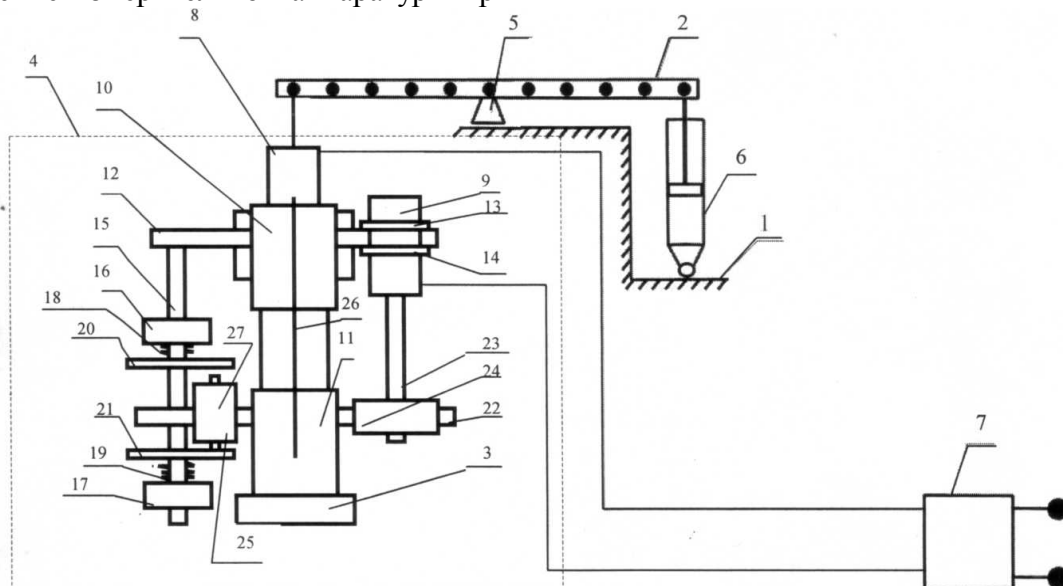


Рис. 1. Установка для испытания на длительную прочность однонаправленных полимерных композиционных материалов

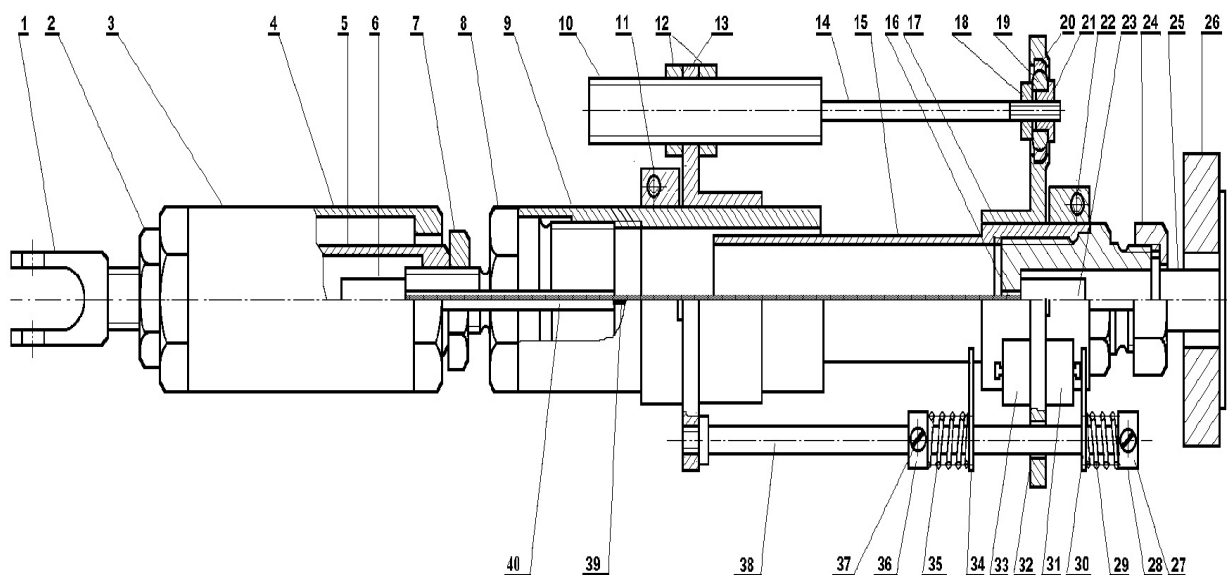


Рис. 2. Устройство для измерения усилий, перемещений и времени до разрушения образца из однонаправленных полимерных композиционных материалов

Установка содержит станину 1, рычажный нагружающий механизм 2, груз 3, связанный с устройством для измерения усилий, перемещений и времени до разрушения образца 4, который прикреплен к одному концу рычажного нагружающего механизма 2, через шарнир 5 закрепленного на станине 1, другим концом – к штоку гидроцилиндра 6, установленного на станине 1. Шлейфовый осциллограф 7 подключен к датчикам усилий 8 и перемещений 9. Датчик усилий 8 установлен между рычажным нагружающим механизмом 2 и неподвижной трубчатой направляющей 10, которая соединена с телескопической подвижной направляющей 11. На внешней части неподвижной трубчатой направляющей 10 жестко укреплен датчик перемещений 12, выполненная в виде диска, с одной стороны которого жестко укреплен датчик перемещений 8 с помощью контргаяк 13 и 14, с другой стороны закреплен штанга 15, на которой закреплены фиксаторы 16 и 17, подпружиненные пружинами 18 и 19 к упорам 20 и 21.

На подвижной части телескопической подвижной направляющей 11 жестко установлена платформа крепления микропереключателей 22, выполненная в виде диска. Платформы крепления датчика перемещений 12 и крепления микропереключателей 22 соединены между собой через датчик перемещений 9, подвижный элемент 23 и сферический подшипник 24, укрепленный на платформе крепления микропереключателей 22, которая другой стороной соединена со штангой 15 с возможностью возвратно-поступа-

тельного перемещения. Микропереключатели 25, укрепленные на платформе 22, обеспечивают автоматическое включение измерительной аппаратуры. Образец 26 установлен между направляющими: неподвижной трубчатой 10 и телескопической подвижной 11. К направляющим с помощью разрезных зажимов и винтовых фиксаторов 28 и 29 крепятся платформа крепления датчика перемещений 12 и платформа крепления микропереключателей 22. В платформе 22 через резьбовое отверстие M20x1 ввернут датчик перемещений 9 (ВИ-6), положение которого фиксируется контргайками 13 и 14. В связи с тем что резьба не обеспечивает центрирования, а на корпусе датчика не предусмотрено центрирующих поверхностей, возможны несоосность и перекосы датчика перемещения и подвижного элемента 23. Для исключения заклинивания подвижного элемента 23 в этих случаях его конец крепится к платформе крепления микропереключателей 22 через сферический подшипник 24, обойма 30 которого завальцована в платформе крепления микропереключателей 22.

Фиксация подвижного элемента 23 в подшипнике осуществляется с помощью резьбовой втулки 31 и гайки 32. К платформе крепления микропереключателей 22 также крепится штанга 15, которая является направляющей, исключая взаимные угловые перемещения подвижной и неподвижной частей устройства. Конец штанги 15 свободно перемещается в отверстии, выполненном в платформе крепления микропереключателей 22. На платформе крепления

микропереключателей 22 также крепятся микропереключатели 25 и 27, обеспечивающие автоматическое включение измерительной аппаратуры при нагружении образца и ее выключение при разрушении образца. Воздействие на микропереключатели осуществляется упорами 20 и 21 через пружины 18 и 19, обеспечивающими сохранность микропереключателей при превышении перемещений упоров 20 и 21 по сравнению с ходом штоков микропереключателей 25 и 27. Положение упоров регулируется с помощью направляющих 33 и 34 и закрепляется фиксаторами 16 и 17. Образец 26 размещается между подвижной и неподвижной частями устройства с помощью резьбовой втулки 31, вворачиваемой в неподвижную направляющую 10 и подвижную направляющую 11. Усилия на образец 26 передаются через зажимные устройства 35 и 36. К резьбовой втулке 37 последовательно с неподвижной направляющей 10 крепится датчик усилий ЛХ-143 8, на противоположном конце которого ввернут шарнирный узел крепления устройства 38. К подвижной телескопической направляющей 11 прикрепляется заданный груз 3, подвешиваемый на кронштейне 39, который вставляется в накидную гайку 40.

Установка работает следующим образом. Подготавливается партия образцов из однонаправленных полимерных композиционных материалов одинаковой длины и толщины. Проводится экспериментальное определение площади поперечного сечения образцов. Шток гидроцилиндра 6 соединяют с одним концом рычажного нагружающего механизма 2, опирающегося на шарнир 5. Ко второму концу рычага прикрепляется датчик усилий 8, установленный между рычажным нагружающим механизмом 2 и неподвижной трубчатой направляющей 10, которая соединена с телескопической подвижной направляющей 11.

Нагружение образца осуществляется при перемещении конца рычага с образцом 26 с заданной скоростью, при которой груз 3, закрепленный на конце образца 26, отрывается от предварительной опоры.

Изменение закона приложения нагрузки достигается за счет плавного изменения скорости перемещения штока гидроцилиндра 6, а также за счет ступенчатого изменения скорости перемещения конца рычага при перестановке шарнира в новые дискретные положения.

Такая конструкция системы нагружения позволяет подобрать закон приложения нагрузки, обеспечивающий минимальное значение коэффициента динамичности.

Осуществляется нагружение образца с помощью гидроцилиндра 6, при этом через микропереключатели 25 и 27 подается импульс на включение измерительной аппаратуры, до его разрушения при этом происходит мгновенное автоматическое выключение. При этом на светочувствительную ленту производится запись диаграмм изменения сил и перемещений. По диаграмме перемещений определяется реальная скорость перемещения штока гидроцилиндра и осуществляется определение закона изменения деформаций образца. По диаграмме сил с помощью имеющихся на светочувствительной ленте тарировочных меток определяются закон изменения сил и разрывное усилие. По полученным значениям площади поперечного сечения образцов осуществляется пересчет сил в напряжения и строится диаграмма растяжения образца в координатах напряжения - деформации. По полученной диаграмме определяется значение предела прочности образца. Работы повторяются при различных скоростях перемещения штока гидроцилиндра. Определяется зависимость предела прочности образцов от скорости приложения нагрузки.

Достоверные результаты могут быть получены при испытаниях однонаправленного полимерного композиционного материала при приложении некоторой массы, т.е. "мертвого" груза, что соответствует реальным условиям нагружения корпуса РДТТ. Такое нагружение сопровождается динамическими эффектами - ростом перемещений и относительных деформаций по сравнению со статическими.

В настоящее время отсутствуют данные как теоретические, так и экспериментальные о влиянии отмеченных динамических эффектов на дальнейшее поведение материала.

Анализ решения динамического поведения призматического стержня, нагруженного "мертвым" грузом с заданной скоростью приложения нагрузки, позволяет сделать вывод о том, что наиболее общим случаем нагружения является режим линейного возрастания нагрузки.

Реализация предложенного закона нагружения образца определяет требования к экспериментальной установке - возможность приложения нагрузки по линейному закону ее нарастания за время. Необходимо проведение тарировки измерительных каналов непосредственно перед испытаниями каждого образца с регистрацией данных тарировки на светочувствительной ленте осциллографа. Для определения зависимости динамических эффектов от закона приложения нагрузки показания измерительных каналов должны фиксироваться на ленте шлейфового осциллографа одновременно с временными метками. Установка должна обеспечивать возможность дискретного изменения величины груза. Для определения времени до разрушения необходима фиксация времени начала испытаний и времени момента разрыва образца с достаточной точностью.

Предлагаемая установка позволяет повысить точность измерения и возможность автоматического включения и выключения измерительной аппаратуры при испытаниях однонаправленных полимерных композиционных материалов.

Таким образом, на основании проведенного анализа особенностей механических характеристик полимеров и влияния на них условий испытаний, а также в процессе работы выяснилось, что в ранее предложенной установке существуют определенные недостатки, которые снижают точность измерения длительной прочности однонаправленных полимерных композиционных материалов.

Реализация данной установки, благодаря заложенным в нее возможностям, позволит получить новые научные сведения о длительной прочности однонаправленных полимерных композиционных материалов и проводить подобные исследования с достаточной точностью и достоверностью.

#### **Библиографический список**

1. Кербер, М.Л. Композиционные материалы [Текст] / М.Л. Кербер - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1999.
2. Зажим к разрывной машине для испытания нитевидных образцов из микропластика [Текст] / А.С. Мигачев, М.Н. Ларин [и др.] // Патент на полезную модель 80571.
3. Установка для испытания на длительную прочность однонаправленных полимерных композиционных материалов [Текст] / А.С. Мигачев, М.Н. Ларин [и др.] // Патент на полезную модель 80572.
4. Адамович, А.Г. Проблемы прогнозирования длительной прочности полимерных материалов: обзор [Текст] / А.Г. Адамович, Ю.С. Уржумцев // Механика композитных материалов, 1979. - N 4. - С. 694-704.
5. Бажанов, В.Л. Деформирование и прочность полимерных и композиционных материалов [Текст] / В.Л. Бажанов, В.А. Копнов, Е.Н. Никитин - М.: МО СССР, 1986. - С. 200.
6. Болотин, В.В. Статистическая теория накопления повреждений в композиционных материалах и масштабный эффект надежности [Текст] / В.В. Болотин // Механика полимеров, 1976. - N2. - С. 247-255.
7. Ветров, А.Н. Вероятностно-параметрические модели длительной прочности материалов АГДТ [Текст] / А.Н. Ветров, А.Г. Кучер, Н.А. Ковешников // Проблемы прочности, 1989. - С.14-17.
8. Геминев, В.Н. Обобщенная функция накопления повреждений при усталости [Текст] / В.Н. Геминев, В.С. Балыбердин // Усталость и вязкость разрушения металлов. - М.: Наука, 1974. -С.171-181.

**WAY OF THE DETERMINATION TO LONG TOUGHNESS UNIDIRECTIONAL POLYMERIC COMPOSITION MATERIAL AND DEVICE FOR MEASUREMENT EFFORT, DISPLACEMENT AND TIME BEFORE DESTRUCTION SAMPLE**

© 2011 D. N. Lebedev, E. S. Shcherbakov, M. N. Larin, A. S. Migachev, E. A. Ilyin

Serpuhov's military institute

The describes the experimental installation for studying long-term strength of unidirectional polymer composites materialov. Used as a model sample mikroplastics is loaded using chart changes in forces and displacements are recorded hydraulic cylinders to its destruction, the info light-sensitive tape recording. Experiments are repeated at different speeds of displacement of rod hydraulic cylinder. The dependence of the tensile strength of the samples from the rate of load application is estimated.

*Mikroplastics, unidirectional polymer composite material, the tensile strength.*

**Информация об авторах**

**Лебедев Денис Николаевич**, курсант Серпуховского военного института. Область научных интересов: длительная прочность однонаправленных полимерных композиционных материалов при заданных температурных условиях и нагрузках.

**Щербаков Евгений Сергеевич**, курсант Серпуховского военного института. Область научных интересов: длительная прочность однонаправленных полимерных композиционных материалов при заданных температурных условиях и нагрузках.

**Ларин Михаил Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры Серпуховского военного института. Тел: 72-53-08. Область научных интересов: исследование длительной прочности однонаправленных полимерных композиционных материалов.

**Мигачев Алексей Сергеевич**, преподаватель кафедры Серпуховского военного института. Тел.: 8-916-180-31-12. E-mail: [noi.75@mail.ru](mailto:noi.75@mail.ru). Область научных интересов: исследование длительной прочности однонаправленных полимерных композиционных материалов.

**Ильин Евгений Александрович**, начальник отдела РВСН УВЦ при МАИ. Область научных интересов: исследование прочности нитей, жгутов и волокон.

**Lebedev Denis Nickolayevich**, Midshipman of Serpuhov's military institute. Area of research: Determination to long toughness unidirectional polymeric composition material under given warm-up condition and load.

**Scherbakov Yevgeny Sergeevich**, Midshipman of Serpuhov's military institute. Area of research: Determination to long toughness unidirectional polymeric composition material under given warm-up condition and load.

**Larin Mikhail Nickolaevich**, assistant professor of the pulpit of Serpuhov's military institute. Area of research: Study to long toughness unidirectional polymeric composition materials.

**Migachev Alexey Sergeevich**, teacher of the pulpit Serpuhov's military institute. Phone: 8-916-180-31-12. E-mail: [noi.75@mail.ru](mailto:noi.75@mail.ru). Area of research: Study to long toughness unidirectional polymeric composition materials.

**Ilyin Yevgeny Aleksandrovich**, Candidate of Engineering science, assistant professor, Chief of the department RVSН UVC under MAI. Area of research: Determination to toughness of the cross section of the threads, filaments and sample microplastic arts.