

**НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ
РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ РМП-1
ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**

**MODERNIZATION DIRECTIONS
OF TENSILE STRENGTH TESTING MACHINE RMP-1,
FOR STANDARTIZED FLAX FIBER TESTING**

Е.Л. ПАШИН, А.В. ОРЛОВ

E.L. PASHIN, A.V. ORLOV

(Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
Костромской государственный университет)

(Kostroma State Agricultural Academy,
Kostroma State University)

E-mail: evgpashin@yandex.ru¹, aorlov@list.ru²

В статье рассматривается используемый при стандартизации процесс определения разрывного усилия льняного волокна. Изучено влияние на результаты измерения элементов конструкции разрывной машины РМП-1, в особенности силоизмерителя и улиточных зажимов для волокна. Конструкция таких зажимов способствует возникновению неоднородностей в начальном натяжении разрываемого волокна. Эти неоднородности приводят к неодновременному нагружению отдельных волокон, что снижает степень использования прочности волокна и тем самым уменьшает наблюдаемую разрывную нагрузку. С применением структурно-имитационного моделирования установлено влияние начальной неоднородности натяжения на снижение средней прочности на разрыв прядей волокна. Для устранения наблюдаемого негативного эффекта предложено использовать тисочные зажимы. Их эффективность проверена экспериментально, причем наилучшие результаты достигаются при испытании ослабленного по разрывному усилию волокна. Дополнительно предложено заменить маятниковый силоизмеритель на тензометрический датчик, что позволит уменьшить динамическую погрешность.

The article under review deals with the standard flax fiber tensile strength testing method being currently in use in the Russian Federation. The effects on the measurement results of testing RMP-1 machines construction elements are considered. In particular, pendulum stress tester can introduce a significant error. Similarly, it is shown that disk clamps can cause variations of the initial fiber tension, which will negatively affect fiber sample behavior under stress. A reduction of overall tensile strength due to reduced fiber strength utilization is expected. A software model has been created which allows simulating the effects caused by said initial tension variation. The results of this simulation support the hypothesis, showing marked decrease in fiber strength utilization quotient when heavier variation of initial fiber tension is present. Authors suggest using vice clamp instead, which should not have the same flaws as disk clamps. This is further supported by experimental data using a modified tensile strength testing machine with vice

clamps installed. Additionally, it is suggested that pendulum-based stress testing mechanism is replaced with an electronic dynamometer, as the latter will also to lessen dynamic error.

Ключевые слова: волокно, разрывное усилие, разрывная машина РМП-1, силоизмеритель, моделирование, натяжение, коэффициент использования прочности, улиточный зажим, тисочный зажим.

Keywords: fiber, tensile strength, RMP-1, tensile strength tester, software model, tension, tensile strength usage quotient, disk clamp, vice clamp.

В целях оптимизации технологических приемов переработки льна и стандартизации получаемой из него волокнистой продукции на предприятиях льняного комплекса осуществляют определение качества (номера) трепаного волокна по действующим стандартам. К числу важнейших показателей, учитываемых при определении номера волокна, относят среднее значение и вариацию разрывного усилия [1]. Для этого применяют разрывные машины ДКВ-60 или РМП-1.

Особенностью конструкции этих машин является использование маятниковых силоизмерителей, которые вызывают повышенную податливость пассивного зажима. Это является причиной возникновения динамической погрешности, величина которой может достигать 15% [2].

Для уменьшения такой погрешности одним из решений, применяемых на практике, является использование тензометрических датчиков. Применительно к машине РМП-1 он может быть связан с пассивным зажимом по схеме, указанной на рис. 1 (предложенная схема силоизмерительного узла на основе тензометрии для модернизации РМП-1).

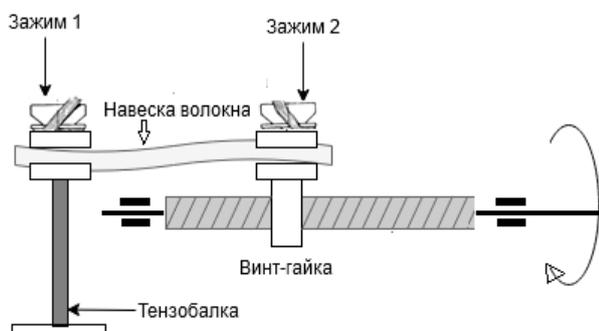


Рис. 1

Использование аналого-цифрового преобразователя (АЦП) для получения показаний от датчика открывает возможность для последующей обработки показаний на ЭВМ, что позволяет контролировать не только возникающую нагрузку в процессе одноосного разрыва, но и другие разрывные характеристики. Для обеспечения условий единства измерений предложено использовать типовой сертифицированный электронный динамометр и прилагаемое к нему программное обеспечение для определения требуемых по стандарту показателей: среднего значения разрывной нагрузки и коэффициента ее вариации. Проведенные испытания подтвердили эффективность указанного варианта модернизации машины.

Другое решение по улучшению метрологических параметров РМП-1 связано с применением зажимов улиточного типа (рис. 2). При их использовании подготовленную по методике ГОСТ прядь волокна длиной 27 см и массой 0,42 г огибают относительно цилиндрического стержня, размещают в прорези верхнего ограничителя и путем наворачивания барашковой опорной гайки прижимают к его верхней опорной плоскости, что обеспечивает фиксацию пряди. После зажатия концов разрыву подвергается участок, расположенный между зажимами.

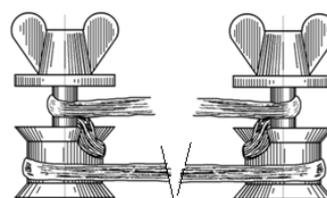


Рис. 2

При изучении условий закрепления пряжи при огибании цилиндрического несжимаемого стержня опирались на закономерности формирования внутренних усилий, напряжений и плотности, имеющие место в телах намотки ните- и лентоподобных волокнистых материалов [3]. Оказалось, что при наматывании пряжи силы давления от огибающих волокон на расположенное под ними тело намотки зависят от ряда факторов. В их число входит расстояние от элемента пряжи до оси стержня, натяжение T огибающих волокон, и податливость μ слоя, расположенного ниже поверхностных волокон. Величина податливости слоя определяется его начальной толщиной, кривизной намотки, а также натяжением T . При таких условиях увеличение T будет приводить к продавливанию расположенных снаружи волокон в тело намотки.

Это явление при увеличении межзажимного расстояния, вследствие перемещения активного зажима 2, будет способствовать возникновению разных натяжений у волокон, составляющих пряжу. Волокна, изначально расположенные на поверхности цилиндра, будут натянуты сильнее, чем волокна на поверхности намотки, из-за сжатия волокнистого слоя, обусловленного его податливостью в радиальном направлении. Периферийные волокна будут вдавливаться в расположенную ниже волокнистую массу, уменьшая начальную длину дуги обхвата $\Delta_{\text{вдав}}$ тела намотки и, как следствие, увеличивать межзажимное расстояние на величину $2\Delta_{\text{вдав}}$. Такое увеличение будет создавать им слабины Δ . Указанные различия в натяжениях волокон, составляющих пряжу, будут приводить к неодновременному до-

стижению у них пиковой величины разрывного усилия.

Предложенное представление процесса нагружения волокон на начальном этапе испытания позволяет применить модель разрушения пучка разнонатянутых волокон при одноосном растяжении, например, по вариантам, предложенным в [4...7], или с учетом особенностей структуры льняного волокна в [8].

Используя структурно-имитационное моделирование и представление волокнистой структуры пряжи согласно [8], становится возможным смоделировать описанную выше повышенную неоднородность начального натяжения волокон в пучке посредством увеличения среднего квадратического отклонения (СКО) параметра Δ . При этом представляют интерес закономерности изменения коэффициента использования прочности волокон K и варьирования разрывной нагрузки в виде коэффициента вариации CV , %, в зависимости от величины СКО по Δ . Причем параметры K и CV должны определяться применительно к результату, получаемому при испытании 30 волокнистых пряжей (навесок), что соответствует требованию действующего стандарта [1]. Эффекты, обусловленные наличием радиальной податливости слоя, будут проявляться посредством увеличения величины, предложенной для модели [8], в виде размера фрикционного контакта и его вариации.

В качестве исходных данных для моделирования примем значения, указанные в табл. 1. Последовательность реализации этапов структурно-имитационного моделирования процесса разрыва представлена в виде схемы на рис. 3.

Т а б л и ц а 1

| Параметр | Среднее значение | СКО |
|---|------------------|----------|
| Работа разрыва одного волокна в пряжи, мДж | 4 | 1 |
| Упругость одного волокна в пряжи, кН/м | 34 | 8,5 |
| Разрывная нагрузка одного волокна в пряжи, мН | 750 | 116 |
| Слабина одного волокна в пряжи волокон, мм | 0...8 | 0...1,75 |
| Количество волокон в пряжи, шт | 300 | 0 |
| Количество повторностей (прядей) в одном испытании, раз | 30 | 0 |

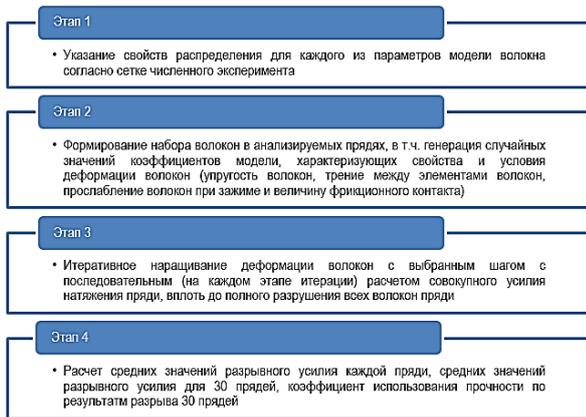


Рис. 3

Одним из условий моделирования являлось соответствие параметров структуры волокна закону нормального распределения. Величину K определяли по методике [9]. При расчетах принимали, что среднее $СКО_{\Delta}$ определяется $1/6$ размаха Δ , согласно известному в статистике правилу "трех сигм". Интервал значений $СКО_{\Delta}$ определяли на основе расчета максимального значения Δ , считая, что величина радиального продавливания волокон составит $0,3$ мм, а диаметр цилиндрической части улиточного зажима равен 12 мм. В этом случае $\Delta_{\max} \approx 4$ мм, $СКО_{\max} \approx 0,7$ мм.

Результаты изменения K в зависимости от величины $СКО$ по Δ проиллюстрированы на рис. 4 (зависимость изменения коэффициента использования прочности волокон на разрыв по результатам разрыва совокупности (30 шт) прядей).

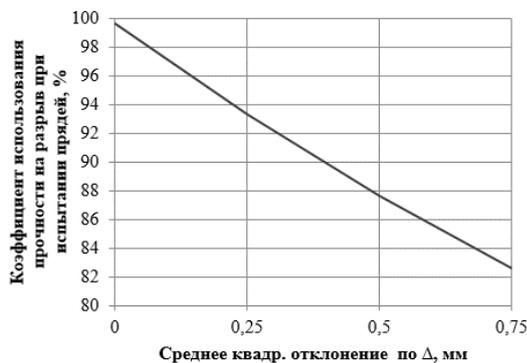


Рис. 4

Анализ результатов подтверждает влияние условий закрепления волокон в улиточных зажимах машины РМП-1 на вели-

чину разрывного усилия. При наличии прослаблений волокон в пряди среднее разрывное усилие по 30 повторностям снижается, что хорошо согласуется с известными положениями теории разрыва пучка волокон. Очевидно, что такая закономерность необоснованно занижает номер трепаного льняного волокна при его квалитметрии с применением улиточных зажимов на разрывных машинах.

Необходимо отметить, что на различия средних значений разрывных усилий и их вариации будут влиять не только условия закрепления в зажимах, но и иные случайные трудно контролируемые факторы. К ним, например, относятся степень начальной параллелизации волокон, однородность волокон по свойствам и др. Поэтому оценку степени изменения варьирования разрывного усилия целесообразно получить на основе эксперимента.

При его проведении использовали две партии стланцевого волокна, полученного из стеблей тресты льна разной степени вылежки. Партия 1 – из тресты нормальной вылежки, а партия 2 – из перележалой с ослабленным по разрывному усилию волокном. Испытания провели для двух вариантов зажимов: 1 – типовые улиточные и 2 – тисочные [10], исключая проявление эффекта продавливания волокон. Использовали схему дисперсионного анализа, позволяющего оценить не только изменение средних значений, но и долю изменчивости факторов: "партия волокна" и "вид зажима".

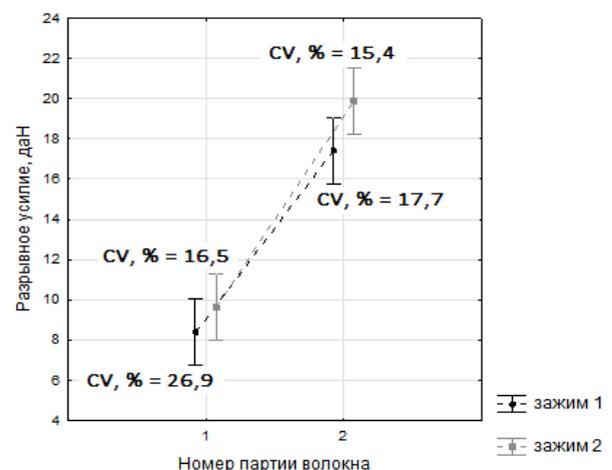


Рис. 5

По результатам эксперимента установили изменения разрывной нагрузки и коэффициентов вариации. Данные представлены в виде графика на рис. 5 (изменение разрывного усилия прядей льняного волокна в зависимости от уровней изучаемых факторов).

Оказалось, что оба фактора являются статистически значимыми при 95%-ной доверительной вероятности в части влияния на изменчивость разрывного усилия. Доля влияния фактора "партия волокна", определяемая величиной критерия Фишера, доминирует и составляет 141,1, а для фактора "вид зажима" – 5,3.

Из анализа полученных данных следует возможность увеличения средней разрывной нагрузки у партий волокна при использовании зажимов тисочного типа. Это, вероятно, объясняется ростом коэффициента К. Обнаружено также снижение коэффициента вариации разрывной нагрузки по результатам повторных измерений. Особенно это заметно при испытании ослабленного по прочности волокна.

Выявленные положительные эффекты от замены зажимов улиточного типа на тисочные позволяют рекомендовать их для практического применения.

ВЫВОДЫ

1. При использовании в машинах РМП-1 и ДКВ-60 зажимных устройств улиточного типа при испытании льняных прядей, состоящих из совокупности волокон, наблюдаются негативные эффекты возникновения прослаблений отдельных волокон в межзажимной зоне. Причиной этого является продавливание расположенных снаружи волокон в тело их намотки на цилиндрическую часть зажимов.

2. Посредством структурно-имитационного моделирования разрыва пучка волокон, с наличием возникающих при его закреплении в улиточные зажимы прослаблений, установлено снижение коэффициента использования прочности волокон в прядях до 80 %.

3. Экспериментально доказана значимость влияния условий закрепления волокон в зажимах улиточного типа на измен-

чивость разрывного усилия. Применение зажимов тисочного типа в сравнении с улиточными позволяют увеличить значения фиксируемых при испытании прядей разрывных усилий и снизить их вариацию.

4. При модернизации конструкции машины РМП-1 целесообразно использовать следующие изменения ее конструкции:

- применение взамен маятникового силоизмерителя тензометрического датчика;
- замена зажимов улиточного типа на зажимы иной конструкции, исключающие возникновение прослаблений волокон в межзажимной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53484–2009. Лен трепаный. Технические условия: дата введения 01.01.2011 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010.
2. Голубков В.С., Пирогов К.М., Смушкович Б.Л. Испытательные машины в текстильном материаловедении. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
3. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982.
4. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.
5. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е. Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. – М.: "Тисо Принт", 2014.
6. Назаренко Е.В., Рыклин Д.Б., Соколов С.В. Имитационное моделирование процесса растяжения и разрыва пучка волокон // Вестник Витебского государственного университета. – 2014, № 2 (27). С. 62...69.
7. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р. Новые композиционные материалы. – Киев: "Вища школа", 1977.
8. Пашин Е.Л., Орлов А.В. Моделирование процесса нагружения и разрыва льняных волокон при одноосном растяжении // Технологии и качество. – 2021, № 2. С. 19...26.
9. Орлов А.В., Пашин Е.Л. Алгоритм расчета коэффициента использования прочности при разрыве совокупности волокон, пряжи и нитей // Технологии и качество. – 2018, № 2. С. 15...18.
10. МТ-Z11 Зажимы для разрывной машины [электронный ресурс] // Оснастка и приспособления: каталог оборудования фирмы ООО "ПРИБОР.ru". URL: <https://www.ooo-pribor.ru/descriptions/40946> (дата обращения 25.08.2021).

REFERENCES

1. GOST R 53484–2009. Len trepanyu. Tekhnicheskie usloviya: data vvedeniya 01.01.2011 / Feder-

al'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu. – Izd. ofitsial'noe. – M.: Standartinform, 2010.

2. Golubkov V.S., Pirogov K.M., Smushkovich B.L. Ispytatel'nye mashiny v tekstil'nom materialovedenii. – M.: Legprombytizdat, 1988.

3. Sukharev V.A., Matyushev I.I. Raschet tel namotki. – M.: Mashinostroenie, 1982.

4. Perepelkin K.E. Struktura i svoystva volokon. – M.: Khimiya, 1985.

5. Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E. Komp'yuternoe modelirovanie v zadachakh isledovaniya tekstil'nykh materialov i proizvodstv. – M.: "Tiso Print", 2014.

6. Nazarenko E.V., Ryklin D.B., Sokolov S.V. Imitatsionnoe modelirovanie protsessa rastyazheniya i razryva puchka volokon // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014, № 2 (27). S. 62...69.

7. Karpinos D.M., Tuchinskiy L.I., Vishnyakov L.R. Novye kompozitsionnye materialy. – Kiev: "Vishcha shkola", 1977.

8. Pashin E.L., Orlov A.V. Modelirovanie protsessa nagruzheniya i razryva l'nyanykh volokon pri odnoosnom rastyazhenii // Tekhnologii i kachestvo. – 2021, № 2. S. 19...26.

9. Orlov A.V., Pashin E.L. Algoritm rascheta koefitsienta ispol'zovaniya prochnosti pri razryve so-vokupnosti volokon, pryazhi i nitey // Tekhnologii i kachestvo. – 2018, № 2. S. 15...18.

10. MT-Z11 Zazhimy dlya razryvnoy mashiny [elektronnyy resurs] // Osnastka i prisposobleniya: katalog oborudovaniya firmy OOO "PRIBOR.ru". URL: <https://www.ooo-pribor.ru/descriptions/40946> (data obrashcheniya 25.08.2021).

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК. Поступила 20.09.21.