

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Научная статья

УДК 631.431.3

doi: 10.28983/asj.y2024i9pp108-113

Разработка и исследование гибкомера ГВ-2М для лубяных культур

Игорь Львович Абрамов, Эдуард Валерьевич Новиков, Евгения Николаевна Королева, Александр Владиславович Безбабченко

Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь, Россия

e-mail: i.abramov@vniiml.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы создания и испытания измерительного прибора гибкомер для определения гибкости лубяных культур и волокон из них в соответствии с методикой, определенной действующими стандартами. Рассмотрены существующие гибкомеры, отмечены их недостатки. Предложена схема прибора, использующая современные схмотехнические решения и элементную базу и позволяющая решать вопросы последующей модернизации с минимальными затратами. Разработан гибкомер ГВ-2М для исследования гибкости льноволокна согласно методике ГОСТ, проведены его сравнительные производственные испытания, которые показали статистическую незначимость различий замеров гибкости, произведенных при помощи разработанного и эталонного поверенного прибора. На основании результатов испытаний сделан вывод о возможности применения гибкомера ГВ-2М в производственных и исследовательских лабораториях.

Ключевые слова: волокно лубяных культур; гибкость волокна; гибкомер; микроконтроллер

Для цитирования: Абрамов И. Л., Новиков Э. В., Королева Е. Н., Безбабченко А. В. Разработка и исследование гибкомера ГВ-2М для лубяных культур // Аграрный научный журнал. 2024, № 9, С. 108–113. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i9pp108-113>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Development and research of the GV-2M flexometer for bast crops

Igor L. Abramov, Eduard V. Novikov, Evgenia N. Koroleva, Alexander V. Bezbachenko

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

e-mail: i.abramov@vniiml.ru

Abstract. The article discusses the issues of creating and testing a measuring device called a flexometer to determine the flexibility of bast crops and fibers from them in accordance with the methodology defined by current standards. The existing flexible measures are considered, their disadvantages are noted. The scheme of the device is proposed, using modern design solutions and an element base, which allows solving the issues of subsequent modernization with minimal costs. The GV-2M flexometer was developed to study the flexibility of flax fiber according to the GOST methodology, its comparative production tests were carried out, which showed the statistical insignificance of the differences in flexibility measurements made using the developed and reference device. Based on the test results, it was concluded that the KV-2 M flexometer can be used in production and research laboratories.

Keywords: Bast fiber; fiber flexibility; flexometer; microcontroller

For citation: Abramov I. L., Novikov E. V., Koroleva E. N., Bezbachenko A. V. Development and research of the GV-2M flexometer for bast crops. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(9): 108–113. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i9pp108-113>.

Введение. Процесс переработки лубоволокнистого сырья требует обязательного контроля качества как самого сырья, так и волокон из него. Согласно стандартизированным методикам [1, 2, 4, 5] в состав оборудования для оснащения лаборатории контроля качества лубяных культур и волокон из них обязательно должны входить гибкомеры ГВ-2 и ГВ-3 [1, 2, 4, 5]. Однако в

© Абрамов И. Л., Новиков Э. В., Королева Е. Н., Безбабченко А. В., 2024



настоящее время эти приборы не производятся на территории России, что создает проблемы оснащения новыми приборами лабораторий контроля качества. Имеющиеся приборы находятся в изношенном состоянии и уже превысили допустимые временные пределы эксплуатации. Среди недостатков гибкомеров, используемых в настоящее время, необходимо выделить следующее:

гибкомер ГВ-2 оснащен затратным и сложным в эксплуатации и производстве высоко-точным часовым механизмом, обеспечивающим равномерность опускания полочек.

гибкомер ГВ-3 оснащен простейшим электроприводом, не имеющим регулировки изменения скорости подъема полочек, что приводит к увеличению времени на одно измерение в 2 раза, поскольку необходимо ждать возврата прибора в исходное положение.

Кроме того, гибкомеры ГВ-2 и ГВ-3 разработаны более пятидесяти лет назад и не в состоянии обеспечить современный уровень эргономичности и энергоэффективности использования. За рубежом аналогичные приборы не выпускаются в силу того, что отечественные методики определения гибкости волокна отличаются от зарубежных.

Также следует отметить, что ГОСТ допускает применение гибкомера ГВ-4 [4]. Но, поскольку прибор использует иную методику нагружения образца [3] и измеряет усилие, возникающее при прогибе, а не саму величину прогиба, как, например, гибкомеры ГВ-2 и ГВ-3, то непосредственное сравнение с ним будет не совсем корректным, а потому в задачи текущего исследования не входит.

Это свидетельствует об актуальности разработки недорогого прибора для определения гибкости волокна на современной микроэлектронной элементной базе по методике ГОСТ [1, 2, 4, 5], который позволит решить обозначенные выше проблемы.

На основании вышеизложенного была поставлена цель – разработать современный гибкомер для лубяных культур и волокон из них.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели разработана конструкция гибкомера на основе конструктивных решений приборов ГВ-2 и ГВ-3 [2] с бета-версией программного обеспечения, изготовлен опытный образец гибкомера ГВ-2М, использующего методику определения гибкости согласно действующему ГОСТ.

Общий вид прибора представлен на рисунке 1.



а



б

Рисунок 1 – Общий вид разработанного гибкомера для лубяных волокон ГВ-2М: а – вид спереди; б – вид сзади

Figure 1 – General view of the device for measuring flexibility of bast fibers GV-2M: a – front view; b – rear view

Гибкомер представляет собой закрепленную на основном держателе шкалу, вдоль которой двигаются приводимые линейным электроприводом полочки, на которых лежит образец анализируемого волокна. Измерение гибкости образца проводится оператором визуально по величине прогиба края образца относительно нулевой отметки на шкале. В ручном режиме порядок использования разработанного гибкомера не отличается от порядка использования гибкомера ГВ-2, прибор будет ожидать команды от оператора на опускание или поднятие полочек. В автоматическом режиме достаточно запустить серию измерений одной кнопкой, после чего



прибор будет самостоятельно опускать и поднимать полочки по прописанному в программном обеспечении алгоритму. В случае необходимости предусмотрена возможность остановки серии измерений в любой момент. Такой алгоритм увеличивает скорость проведения серии измерений, повышает удобство пользования прибором и позволяет провести его дальнейшую автоматизацию без кардинального изменения конструкции.

Для разработки и отладки программного обеспечения использовалась среда программирования Arduino IDE версии 1.8.13 [9]. В качестве управляющего микроконтроллера использовался Arduino nano (ATMega 328P) [10], выбор которого был обусловлен наличием необходимого функционала и невысокой ценой.

Для разработки макета печатной платы использовался онлайн-редактор Easy EDA [11]. На рисунке 2 представлена разводка печатной платы электронной схемы прибора.

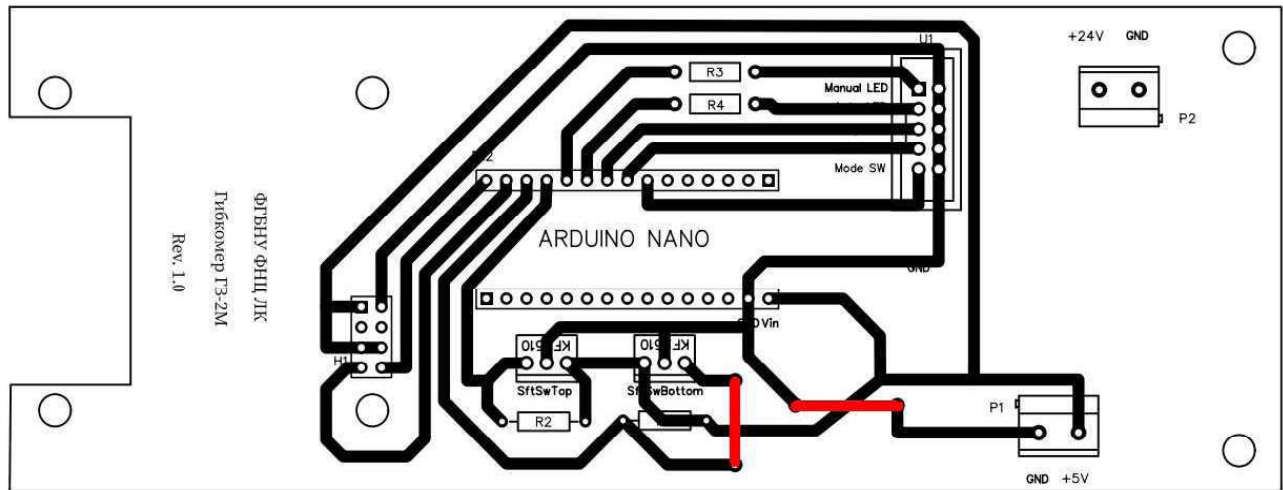


Рисунок 2 – Внешний вид печатной платы гибкомера ГВ-2М
Figure 2 – Layout of GV-2M flexometer PCB

Для упрощения и удешевления конструкции разводка платы выполнена односторонней с двумя перемычками на обратной стороне (выделены цветом).

По результатам предварительных испытаний в принятые изначально технические решения были внесены некоторые модификации. Так, в частности, для ограничения хода основного штока вместо механического концевого выключателя, показавшего на предварительных испытаниях недостаточную надежность при работе в запыленных условиях, были использованы датчики Холла. Также для повышения скорости работы в программном обеспечении были изменены алгоритмы работы как в автоматическом, так и в ручном режиме. В целях обеспечения экономии электроэнергии и устойчивости работы прибора были реализованы небольшие модификации в программном обеспечении и компоновке электронной схемы. Технические характеристики прибора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики гибкомера ГВ-2М

Table 1 – The GV-2M flexometer specifications

Характеристики	Ед. изм.	Значение
Пределы измерения гибкости волокна	мм	0...120
Пределы измерения гибкости пряжи	мм	0...100
Цена деления шкалы	мм	±1
Габаритные размеры: длина	мм	250
ширина	мм	250
высота	мм	450
Масса, не более	кг	5



Структурная схема разработанного гибкомера представлена на рисунке 3.

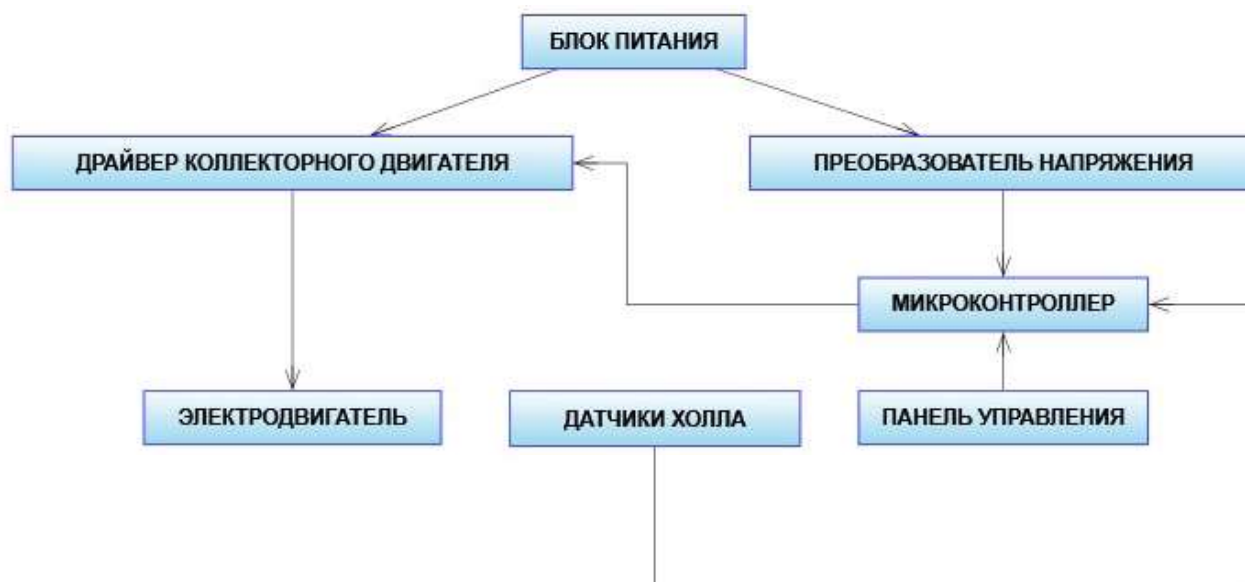


Рисунок 3 – Структурная схема гибкомера ГВ-2М

Figure 3 – GV-2M flexometer block diagram

Микроконтроллер управляет электродвигателем привода опускаемых полочек посредством драйвера коллекторного мотора, отслеживая крайние положения при помощи верхнего и нижнего датчиков Холла.

Применение такой схемы позволило обеспечить возврат прибора в начальное положение на максимальной скорости, в то время как у электрического гибкомера ГВ-3 опускание и подъем полочек осуществляется с равной скоростью. Такое решение позволило значительно сократить время одного цикла измерений.

Результаты исследований. Производственные испытания гибкомера ГВ-2М проводили в 2023 г. в лаборатории ФГБНУ ФНЦ ЛК совместно с ООО «Новая костромская льняная мануфактура». В качестве образцов использовали трепаный и чесаный лен из различных регионов РФ, а также из Беларуси и Египта. Исследования проводили в соответствии с ГОСТ [4, 5]. В качестве контрольного прибора использовали поверенный гибкомер ГВ-2. Значимость различий средних значений определяли методами математической статистики [6], статистическая значимость принимали на уровне 5 %. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Измеренные значения гибкости волокна

Table 2 – Measured fiber flexibility values

№ п/п	Образец	Гибкость, мм		Значимость различий средних значений
		разработанный ГВ-2М	ГВ-2	
1	Лен трепаный моченцовый (Египет)	26,2	27,3	Незначимы
2	Лен чесаный стланцевый (Беларусь)	42,2	43,2	Незначимы
3	Лен чесаный стланцевый (г. Бийск, Россия)	31,3	34,7	Незначимы
4	Лен трепаный стланцевый (Беларусь)	47,3	45,5	Незначимы
5	Лен чесаный моченцовый (Египет)	29,0	32,8	Незначимы

Как видно из таблицы 2, различия значений гибкости измеренных ГВ-2М и контрольным гибкомером ГВ-2 являются статистически незначимыми. На таком основании можно сделать



вывод, что измеренное значение гибкости волокна на ГВ-2М не отличается от измеренного значения гибкости, полученного при помощи эталонного поверенного прибора.

По результатам испытаний составлен акт о том, что изготовленный гибкомер ГВ-2М работоспособен, обеспечивает получение достоверных значений гибкости волокна и может быть использован в лабораториях оценки качества лубяного сырья.

Проведен хронометраж серии измерений при помощи гибкомера ГВ-3 (с электроприводом), ГВ-2 и ГВ-2М. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Время проведения серии измерений гибкости волокна

Table 3 – Time for a series of fiber flexibility measurements

№ п/п	Образец	Время серии измерений, с		
		ГВ-2М	ГВ-2	ГВ-3
1	Лен трепаный моченцовый (Египет)	872	849	1725
2	Лен чесаный стланцевый (г. Бийск, Россия)	878	868	1764
3	Лен трепаный стланцевый (Беларусь)	872	813	1735
Среднее значение		874	843	1741

Как видно из таблицы 3, затраты времени при использовании разработанного ГВ-2М в 1,99 раза ниже, чем при использовании ГВ-3. Этот факт обусловлен тем, что конструкция ГВ-3 опускает и поднимает полочки с одинаковой скоростью, в отличие от ГВ-2М, в котором поднятие полочек в начальное положение осуществляется значительно быстрее.

Также следует отметить, что снижение затрат времени на измерение ведет к снижению энергопотребления, поскольку, как указывалось выше, возврат полочек производится значительно быстрее, а в момент простоя при замене образца электропитание на электропривод не подается. Измерения потребляемой мощности показали, что энергоэффективность гибкомера ГВ-2М в 1,97 раза выше, чем у ГВ-3.

Гибкомер ГВ-2М требует затрат времени на 3,5 % больше, чем ГВ-2, поскольку его конструкция подразумевает подъем полочек вручную. Однако конструкция ГВ-2 использует часовой механизм для опускания полочек, который значительно дороже в производстве и сложен в ремонте и эксплуатации, в отличие от линейного электропривода, используемого в ГВ-2М.

Кроме того, использование микроконтроллерного управления в приборе ГВ-2М позволяет с помощью программно-аппаратных средств без кардинального изменения конструкции прибора доработать режим измерения до полностью автоматического с получением данных на ПЭВМ для автоматического формирования отчета.

Прибор для измерения гибкости лубяных волокон гибкомер ГВ-2М был представлен на отраслевом конкурсе «За успешное внедрение инноваций в сельском хозяйстве» и был награжден золотой медалью и дипломом победителя выставки «Золотая осень-2022» [7], а также награжден дипломом победителя конкурса на специализированной выставке «Изобретатель и рационализатор-2023» [8].

Заключение. Разработан энергоэффективный образец прибора гибкомер ГВ-2М для определения гибкости лубяных культур и волокон из них с автоматизацией процесса, обеспечивающий точность измерения согласно действующей стандартизированной методике.

Обоснована эффективность опытного образца гибкомера ГВ-2М: показано снижение затрат времени на проведение измерений до 50 %; в сравнении с гибкомером ГВ-3 снижение потребления электроэнергии при использовании предлагаемого гибкомера составило до 50 %.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борухсон Б. В. Товароведение лубяных волокон. Учебное пособие. М.: Легкая индустрия, 1974. 184 с.
2. Городов В. В., Лазарева С. Е., Лунев И. Я. Испытание лубоволокнистых материалов. М.: Легкая индустрия, 1969. 208 с.
3. Разин С. Н., Пашин Е. Л., Орлов А. В. Метод определения изгибной жесткости льняного волокна для его квалиметрии: обоснование алгоритма // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). С. 81-87. DOI: 10.47367/0021-3497_2023_3_81. EDN GVMSOP.
4. Лен трепанный. ГОСТ Р 53484-2022. М.: Стандартиформ, 2022. 16 с.
5. Лен чесаный. ГОСТ Р 53549-2009. М.: Стандартиформ, 2010. 17 с.
6. Румшицкий Л. З. Математическая обработка результатов. М.: Наука, 1971. 192 с.
7. ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур. Бюллетень новостей от 07.10.2023. Режим доступа: <https://fncl.ru/novosti/nauchnye-razrabotki-udostoeny-vysshikh-nagrad-na-zolotaya-osen-2023/>. Дата обращения: 25.03.2024.
8. ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур. Бюллетень новостей от 20.10.2023. Режим доступа: <https://fncl.ru/novosti/luchshie-razrabotki-na-konkurse-izobretatel-i-ratsionalizator-2023/>. Дата обращения: 25.03.2024.
9. Arduino IDE documentation. Режим доступа: <https://docs.arduino.cc/software/ide/#ide-v1>. Дата обращения: 25.03.2024.
10. Arduino Nano datasheet. Режим доступа: <https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf>. Дата обращения: 25.03.2024.
11. EasyEDA documentation. Режим доступа: <https://docs.easyeda.com/en/FAQ/Editor/index.html>. Дата обращения: 25.03.2024.

REFERENCES

1. Borukhson B. V. Commodity science of bast fibers. Moscow, 1974. 184 p. (in Russ.).
2. Gorodov V. V., Lazareva S. E., Lunev I. Ya. Testing of bast fiber materials. Moscow, 1969. 208 p. (in Russ.).
3. Razin S. N., Pashin E. L., Orlov A. V. Method for determining the bending stiffness of flax fiber for its qualimetry: justification of the algorithm. *News of higher educational institutions. Textile industry technology*. 2023;3(405):81-87. DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_81. EDN GVMSOP. (in Russ.).
4. Swingled flax. GOST R 53484-2022. Moscow, 2022. 16 p. (in Russ.).
5. Dressed flax. GOST R 53549-2009. Moscow, 2010. 17 p. (in Russ.).
6. Rumshisky L. Z. Mathematical processing of results. Moscow, 1971. 192 p. (in Russ.).
7. Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center for Bast Crops, News Bulletin dated 10/07/2023. Available at: <https://fncl.ru/novosti/nauchnye-razrabotki-udostoeny-vysshikh-nagrad-na-zolotaya-osen-2023/>. Date of reference: 03/25/2024. (in Russ.).
8. Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Bast Crops. News Bulletin dated 10/20/2023. Available at: <https://fncl.ru/novosti/luchshie-razrabotki-na-konkurse-izobretatel-i-ratsionalizator-2023/>. Date of reference: 03/25/2024. (in Russ.).
9. Arduino IDE documentation. Available at: <https://docs.arduino.cc/software/ide/#ide-v1>. Date of reference: 03/25/2024.
10. Arduino Nano datasheet. Available at: <https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf>. Date of reference: 03/25/2024.
11. EasyEDA documentation. Available at: <https://docs.easyeda.com/en/FAQ/Editor/index.html>. Date of reference: 03/25/2024.

Статья поступила в редакцию 29.02.2024; одобрена после рецензирования 22.04.2024; принята к публикации 06.04.2024.
The article was submitted 29.02.2024; approved after reviewing 22.04.2024; accepted for publication 06.04.2024.

