УДК 633.5

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-2-5-12

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗГИБУ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ УБОРОЧНЫХ МАШИН¹Ковалев Михаил Михайлович¹Просолов Сергей Викторович¹Перов Михаил Геннадьевич¹Шишин Дмитрий Александрович¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Реферат. Для научно обоснованного проектирования технических средств необходимо знать механико-технологические свойства растительных материалов, с которыми взаимодействуют рабочие органы машин и оборудования. Исследовали сопротивление изгиба стеблей льна в зависимости от их влажности по фазам спелости культуры на специально изготовленном устройстве. Диаметр стеблей в опытах был 1,0, 1,5, 2,0 и 2,5 мм, а их влажность составила 66,8 % в ранней желтой, 52,7 % в желтой, 42,2 % в полной и 25 % в бурой спелостях. Использовали растения льна-долгуна среднеспелого сорта «Визит», которые вытеребивали вручную на одном и том же участке опытного поля. Определили закономерности изменения максимального изгибающего момента и угла изгиба стеблей от их влажности, характерной для разных фаз спелости культуры, которые с ее уменьшением и увеличением диаметра стеблей, возрастают. Установили, что для максимального изгибающего момента закономерностью изменения является линейная модель, а для угла изгиба – модель оптимума. Получили зависимости изгибающего момента от угла изгиба для различных диаметров стеблей и фаз спелости культуры, позволяющие выявить условия наступления излома стеблей, соответствующие максимальным значениям изгибающего момента. При выполнении технологических процессов уборочными машинами в целях исключения излома стеблей рабочими органами угол изгиба не должен превышать его допустимых значений, равных 80 – 85 % от максимального угла изгиба. Для этого исполнительные механизмы должны предусматривать соответствующие регулировки. Результаты исследования предназначены для использования при разработке расчетно-теоретической основы инженерных методов проектирования рабочих органов сельскохозяйственных машин с учетом специфических свойств растительных материалов как деформируемых механических систем.

Ключевые слова: лен-долгунец, фазы спелости, влажность, стебли, угол изгиба, изгибающий момент, зависимость.

METHOD FOR DETERMINING THE PATTERN OF STRETCHING GROUPS OF STEMS OF PLANT MATERIALS¹Kovalev Mixail¹Prosolov Sergei¹Perov Mixail¹Shishin Dmitri¹FSBSI "Federal Research Center for Bast Fiber Crops"

Abstract. The mechanical and technological properties of plant materials with which the working bodies of machines and equipment interact must be known for scientifically based design of technical means. The bending resistance of flax stems, depending on their moisture content, according to the phases of ripeness of the culture, was investigated on a specially made device. The diameter of the stems in the experiments was 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 mm, and their moisture content was 66.8 % in early yellow, 52.7 % in yellow, 42.2 % in full and 25 % in brown ripeness. Plants of fiber flax of the mid-ripening variety "Visit", which were wrinkled by hand by hand on the same plot of the experimental field, were used. The regularities of changes in the maximum bending moment and the angle of bending of stems from their moisture were determined to be characteristic of different phases of the ripeness of the culture,

which, with its decrease and increase in the diameter of the stems, increase. It was found that for the maximum bending moment, the pattern of change is a linear model, and for the bending angle, the optimum model. The dependences of the bending moment on the bending angle for various stem diameters and phases of ripeness of the culture, which make it possible to identify the conditions for the onset of stem fracture corresponding to the maximum values of the bending moment, were obtained. The bending angle should not exceed its permissible values equal to 80 – 85% of the maximum bending angle when performing technological processes with harvesting machines in order to avoid breaking the stems by the working bodies. The actuators must provide appropriate adjustments for this. The results of the study are intended to be used in the development of the theoretical and computational basis of engineering methods for designing the working bodies of agricultural machines, taking into account the specific properties of plant materials as deformable mechanical systems.

Keywords: long-legged flax, ripeness phases, humidity, stems, bending angle, bending moment, dependence.

Введение. Сельскохозяйственное производство, основанное на выращивании таких основных культур, как пшеница, рожь, ячмень, овес, сорго, рис, лубяных культур – льна и конопли, других культур, является главной отраслью земледелия, обеспечивающей население продовольствием, промышленность сырьем, животноводство кормами. Для увеличения в стране объемов производства и качества сельскохозяйственной продукции необходимо восстановление и увеличение посевных площадей, рост урожайности, освоение интенсивных технологий возделывания, базирующихся на применении инновационных средств производства [1, 2].

Для эффективного выполнения технологических процессов сельскохозяйственного производства важно знать механико-технологические свойства и агробиологические особенности растительных материалов, которые проявляются при воздействии на них нагрузок и их механической обработке. Знание этих свойств позволяет построить реалистическую теорию рабочих процессов и практическое проектирование сельскохозяйственных машин [3 – 8].

Механизмы и рабочие органы большинства сельскохозяйственных машин при выполнении ими технологических процессов взаимодействуют с растительными материалами самым различным образом. Мотовила жаток изгибают стебли с колосьями, теребильные аппараты льноуборочных машин выдергивают стебли из почвы, подборщики подбирают ленты стеблей и сформированные валки зерновых культур, очесывающие аппараты очесывают соцветия, колосья и семенные коробочки различных культур и т.д. При этом растительные материалы видоизменяются и испытывают определенные деформации: изгиба, растяжения, сжатия, резания, сдвига, кручения и т.д. [4 – 8].

В свою очередь и рабочие органы сельскохозяйственных машин, деформирующие материалы, испытывают нагрузки, зависящие от свойств материалов, их сопротивления воздействию нагрузкам, плотности, влаги, трению о рабочие органы и внутреннего трения и др.

Поэтому при работе технических средств необходимо располагать зависимостями, либо параметрами для расчета этих нагрузок, а также поведением растительных материалов при деформациях.

По определению механико-технологических свойств растительных материалов проведены обширные и глубокие научные исследования, результаты которых обобщены на основе единой теоретической базы [1, 4–8].

Разработка инновационных технических средств для механизации технологических процессов в льняном агропромышленном комплексе также тесно связана с механико-технологическими свойствами этой культуры. В первую очередь необходимость их изучения обуславливается высокой чувствительностью растений льна-долгунца к механическим воздействиям и легкой повреждаемостью при взаимодействии с рабочими органами льноуборочных и других сопутствующих машин. При подводе растений к теребильным секциям, транспортировании и очесе семенных коробочек, подборе очесанных и неочесанных лент стебли подвергаются механическому воздействию (тигмотропизму) рабочих органов, приводящему к изменению положения закрепленных растений и вызывающих деформации изгиба, оказывающих существенное влияние на работу большинства технических средств.

Исследованию деформации изгиба стеблей льна-долгунца посвящены работы [2, 4 – 13]. В этих работах изложены результаты исследований как при консольном закреплении растений, во

время которых определялся их изгиб, так и при укладке каждого из них на две опоры, во время которой происходит их прогиб и излом.

В работах [4 – 6] полученные значения углов изгиба стеблей рассчитаны по приближенным зависимостям, вследствие чего они могут быть применены лишь при малых величинах этих углов, так как при больших углах погрешность их определения значительная.

Значения углов изгиба стеблей, полученные по более точной методике, с применением угломера, достаточные для применения в расчетах, приведены в работах [4 – 6, 11].

Изгиб стеблей льна, зажатых в профилированных ремнях зажимного транспортера льноуборочной машины, исследован в работе [9].

В работе [10] получены закономерности, характеризующие изгиб свежевытеребленных стеблей.

Следует отметить, что изгибающий момент является важной характеристикой процесса изгиба растений, так как он позволяет выявить условия наступления излома стеблей.

Однако процесс изгиба растений при изменении их влажности по мере наступления соответствующих фаз спелости культуры, не был исследован.

Цель работы – исследование процесса изгиба стеблей льна в зависимости от их влажности по фазам спелости культуры.

Материалы и методы. В процессе исследования использовались методы общего и логического анализа, расчетно-конструктивный метод. Лабораторно-полевые исследования проводились на изготовленном устройстве, схема которого показана на рисунке 1а [10].

Рисунок 1 – Схемы устройства (а) и нагружения стебля (б) при исследовании его сопротивления изгибу

Устройство содержит основание 1 и рамку 2, на которой закреплены зажим 3, угломер 4 и экран 5. Для удобства определения плеча вертикально направленной силы от действия груза 6 на стебель 7 экран 5 снабжен разметкой, выполненной в виде вертикальных линий 8 и шкалы 9.

Уборка льна проводится в фазах ранней желтой, желтой, полной и бурой спелостях. Для выработки качественного волокна уборку проводят в ранней желтой спелости, а для получения семян требуемого качества в желтой и полной спелости. В бурую фазу спелости лен убирают лишь при затягивании сроков теребления культуры в силу экстремальных погодных условий, недостатка технических средств и др. [2].

Для проведения исследований растения льна-долгунца среднеспелого сорта «Визит» в период уборки в соответствующую фазу спелости (раннюю желтую, желтую, полную и бурую) вытеребляли вручную на одном и том же участке опытного поля ФГБНУ ФНЦ ЛК, после чего доставляли в лабораторию, где определяли их влажность W_c , диаметр d_c и длину l_c по известной методике [5, 6].

Диаметр стеблей в опытах был 1,0, 1,5, 2,0 и 2,5 мм, а их влажность составила 66,8 % в ранней желтой, 52,7 % в желтой, 42,2 % в полной и 25 % в бурой спелостях. Учитывая трудоемкость и сложность эксперимента каждый его вариант проводился в трех повторностях [4, 5].

Для проведения эксперимента стебель 7 консольно закреплялся в зажиме 3 устройства, после чего к нему прикладывалась вертикально направленная сила P на значительном расстоянии l_0 от места закрепления (рисунок 1б) [10, 11].

Получавшийся угол Ψ изгиба фиксировался по шкале угломера. В этом случае изгибающий момент M_u будет равен произведению $P \cdot l_0$. Затем сила P увеличивалась, снова замерялся соответствующий ей угол Ψ изгиба и т.д. При этом стебель 7 изгибался приближенно по кривой ОАВС, а сила P оказывалась на расстоянии l от места зажима стебля. Новое значение угла Ψ отсчитывалось на угломере 4, в зоне около точки О, т.е. где стебель менее изогнут, что достигается небольшим радиусом кривизны угломера. В данном устройстве этот радиус меньше длины стеблей в 11 – 12 раз. Изгибающий момент будет $M_u = P \cdot l$. При дальнейшем увеличении угла Ψ , последующие варианты опыта, проводились аналогичным образом.

Опыты проводились при нагрузке (возрастании силы P), разгрузке (уменьшении силы P до нуля) и повторной нагрузке.

Опытные данные, полученные в эксперименте, обрабатывались по известным методикам [14].

Результаты и их обсуждение. Проведенными исследованиями и обработкой полученных в эксперименте опытных данных по сопротивлению стеблей льна-долгунца изгибу определены показатели: изгибающий момент $M_{u\text{ пр}}$ и угол $\Psi_{\text{пр}}$, соответствующие пределу пропорциональности приложенному моменту, а также изгибающий максимальный изгибающий момент $M_{u\text{ max}}$ и угол изгиба Ψ_{max} , соответствующие максимальным значениям этих показателей.

Результаты исследований сопротивления стеблей льна изгибу представлены в таблице 1, а их графическая интерпретация показана на рисунках 2 – 4.

Таблица 1 – Результаты исследований сопротивления стеблей льна

Фаза спелости $\Phi_{\text{сп}}$ и интервал влажности $W_{\text{ср}}, \%$	Влажность стеблей в опыте $W_{\text{ср}}, \%$	Диаметр стеблей в опыте $d_c, \text{мм}$	Значение показателей			
			$M_{u\text{ пр}},$ Н·м	угол изгиба $\Psi_{u\text{ пр}}, \text{град.}$	$M_{u\text{ max}},$ Н·м	угол изгиба $\Psi_{u\text{ max}}, \text{град.}$
Ранняя желтая (58 – 68)	66,8	1,0	0,006	6,5	0,014	15,1
		1,5	0,012	8,0	0,019	17,2
		2,0	0,016	9,5	0,023	19,0
		2,5	0,020	11,0	0,029	20,5
Желтая (50 – 58)	52,7	1,0	0,009	12,0	0,021	21,5
		1,5	0,017	14,7	0,027	23,8
		2,0	0,020	17,0	0,037	24,8
		2,5	0,026	18,0	0,047	27,0
Полная (35 – 50)	42,2	1,0	0,013	19,1	0,028	28,5
		1,5	0,021	20,0	0,043	30,8
		2,0	0,026	21,0	0,049	31,6
		2,5	0,031	22,4	0,069	33,0
Буряя (25 – 30)	25,0	1,0	0,016	24,2	0,042	34,5
		1,5	0,027	26,5	0,051	36,5
		2,0	0,032	28,0	0,068	38,6
		2,5	0,040	29,7	0,093	40,0

Полученные при обобщении результатов исследований закономерности изгиба стеблей, построенные как зависимость изгибающего момента $M_{u\text{ max}}$ и угла изгиба $\Psi_{u\text{ max}}$ от их влажности W_c (фаз спелости), показаны на рисунке 2.

Установлено, что при изменении фаз спелости культуры с уменьшением влажности W_c и увеличении d_c стеблей изгибающий момент $M_{u\text{ max}}$ и угол изгиба $\Psi_{u\text{ max}}$ возрастают. При этом закономерностью изменения максимального изгибающего момента $M_{u\text{ max}}$ является линейная модель, а для угла изгиба $\Psi_{u\text{ max}}$ – модель оптимума, обращенная интенсивностью вверх.

Рисунок 2 – Изменение изгибающего момента $M_{и max}$ и угла изгиба $\Psi_{и max}$ от влажности стеблей W_c по фазам спелости культуры

Все полученные модели адекватны экспериментальным данным. Такие закономерности изменения этих показателей объясняются тем, что с уменьшением влажности и увеличением диаметра к месту зажима стеблей возрастает их жесткость, показывающая сопротивляемость материала изгибу. Чем больше жесткость, тем сильнее материал сопротивляется изгибу [4 – 6].

Двухфакторным дисперсионным анализом [14] установлено, что действие факторов: влажности W_c и диаметра d_c стеблей на сопротивление их излому достоверно. Наибольшее влияние на сопротивление стеблей изгибу оказывает фактор d_c (доля влияния 61,5); существенное влияние оказывает и фактор W_c (доля влияния 36,1). Межфакторное взаимодействие факторов W_c и d_c менее значительное, доля его влияния составила 6,49.

Закономерности изгиба стеблей, построенные как зависимость изгибающего момента $M_{и}$ от угла изгиба $\Psi_{и}$ в разных фазах спелости культуры, показаны на рисунках 3 и 4.

Рисунок 3 – Зависимость изгибающего момента $M_{и}$ от угла изгиба $\Psi_{и}$ стеблей в фазах ранней желтой (а) и желтой (б) спелостях культуры

Рисунок 4 – Зависимость изгибающего момента M_u от угла изгиба Ψ_u стеблей в фазах полной (а) и бурой (б) спелостях культуры

Из этих рисунков видно, что во всех рассматриваемых фазах спелости культуры и диаметрах стеблей закономерности изменения изгибающего момента M_u от угла изгиба Ψ_u одинаковые. Отличие их заключается в разных величинах изгибающего момента для каждого диаметра стеблей. С учетом ранее проведенных исследований [2, 10] установлено, что при сравнительно небольших нагружениях силой P стебель, сохраняя свою прямолинейность на участках OA_1 , OA_2 , OA_3 , и OA_4 , изгибается на угол $\Psi_{u\text{ пр}}$, который пропорционален приложенному изгибающему моменту $M_{u\text{ пр}}$. Пропорциональная зависимость характеризуется тем, что при возрастании нагрузки деформация стебля также увеличивается, но при прекращении увеличения нагрузки или снятия ее, деформация стебля стремится к нулю. С увеличением нагрузки на участках A_1D_1 , A_2D_2 , A_3D_3 и A_4D_4 кривых, эта пропорциональность утрачивается быстрее в материале с меньшим диаметром d_c и большей влажностью W_c стебля. Положение точек D_1 , D_2 , D_3 и D_4 на кривых 1 – 4 соответствует максимальным изгибающим моментам $M_{u\text{ max}}$ и максимальным углам изгиба $\Psi_{u\text{ max}}$ стеблей, а закономерность их изменения описывается полиномиальной моделью. В этих точках происходит перегиб стебля, а после их прохождения изгибающий момент M_u резко уменьшается с увеличением угла изгиба Ψ_u . Так как у льна-долгунца, пшеницы, ячменя, овса и др. культур стебли полые, то их перегиб может происходить по двум вариантам: с разрывом его верхней стенки, и без ее разрыва, что в основном зависит от влажности стеблей и их диаметра.

Растительные материалы являются сложными реологическими телами, их поведение при деформации зависит от преобладания и проявления разных фундаментальных свойств, которые различны в разных условиях. Поэтому возникает необходимость дальнейших исследований для изучения закономерностей изменения изгибающего момента и угла изгиба стеблей от таких свойств, как размерные показатели, плотность, фрикционные свойства, липкость и др.

Заключение.

1. Установлены закономерности изменения изгибающего момента M_u и угла изгиба Ψ_u от влажности W_c и диаметра d_c стеблей в разные фазы спелости культуры. С уменьшением влажности W_c и увеличением диаметра d_c значения изгибающего момента M_u возрастают по линейной модели, а угла изгиба Ψ_u по модели оптимума. Получены закономерности изменения изгибающего момента M_u от угла изгиба Ψ_u стеблей во всех фазах спелости культуры. На начальных участках, при сравнительно небольших нагружениях силой P , стебель, сохраняя свою прямолинейность, изгибается на угол $\Psi_{u\text{ пр}}$, пропорциональный приложенному изгибающему моменту $M_{u\text{ пр}}$. С увеличением нагрузки эта пропорциональность утрачивается быстрее в стеблях с меньшим диаметром d_c и большей влажностью W_c , а закономерность изменения изгибающего момента от угла изгиба описывается полиномиальной моделью. Наибольшее влияние на изгибающий момент оказывает диаметр d_c стеблей, а затем их влажность W_c .

2. При выполнении технологических процессов уборочными машинами в целях исключения излома стеблей рабочими органами угол изгиба Ψ_u не должен превышать его допустимых значений, равных 0,8 – 0,85 $\Psi_{u \max}$. Для этого исполнительные механизмы должны предусматривать соответствующие регулировки.

3. Исследованные реологические характеристики могут быть пригодны для использования в расчетно-теоретической основе инженерных методов проектирования механизмов сельскохозяйственных машин, базирующихся на результатах изучения закономерностей поведения растительных материалов при нагружении, как деформируемых механических систем, а также использованы для регулирования параметров технологических процессов при эксплуатации технических средств.

Список литературы

1. Лукьянова И.В. Анализ видовых и сортовых особенностей устойчивости злаковых культур к полеганию с учетом их физико-механических свойств и архитектоники для использования в селекции: автореф. дис.... д-ра биол. наук: 06.01.05 / Лукьянова Ирина Владимировна; Кубанский гос. аграрный ун-т. – Краснодар, 2008. – 51 с.

2. Ковалев М.М. Делители машин для уборки лубяных культур (конструкция, теория и расчет): моногр. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 244 с.

3. Саркисян Г.М. Исследование принципа строения стеблей при конструировании сельхозмашин // Тракторы и сельхозмашины. – 1992. – № 5. – С.21 – 22.

4. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Г.А. Хайлис, А.Ю. Горбовий, З.А. Гошко, М.М. Ковалев, О.О. Налобина, С.Ф. Юхимчук. – Луцьк: ред.-вид. ЛДТУ, 1998. – 268 с.

5. Ковалев Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства). – М.: ИК «Родник», ж. «Аграрная наука», 1998. – 208 с.

6. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов. – Киев: изд-во УААН, 2002. – 374 с.

7. Бурмистрова М.Ф., Коллюкова Г.Г. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 360 с.

8. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений (методы исследования, приборы, характеристики). – М.: Колос, 1970. – 424 с.

9. Быков Н.Н. Исследование технологического процесса и устройств для зажима стеблей в льноуборочных комбайнах: дис.... канд. техн. наук: 05.20.01 / Быков Николай Нилович. – Торжок, 1969. – 163 с.

10. Ковалев М.М., Галкин А.В., Дмитриев В.И. Исследование сопротивления стеблей льна отгибу // Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца: мат. Междунар. науч.-техн. конф., г. Торжок, 2 – 3 ноября 2004 г. – Торжок, 2005. – С. 224 – 229.

11. Налобина О.О. Дослідження технологічного процесу і обґрунтування параметрів затискного транспортера льнокомбайна: дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / Налобина Олена Олександрівна. – Луцьк, 1997. – 138 с.

12. Multi-scale morphological characterization of flax: from the stem to the fibrils / K. Charlet, S. Jernot, M. Gomina, J.P. Breard // Carbohydrate Polymers, 2010. – Т. 82. – № 1. – С.54-61.

13. Limont A.S. Morphological indices of fiber flax stalks and machines for its harvesting // Europäische Fachhochschule. – 2015. – №1. – С. 79 – 84.

14. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум: Инфра – М., 2006. – 512 с.

References

1. Luk'janova I.V. Analiz vidovyh i sortovyh osobennostej ustojchivosti zlakovyh kul'tur k poleganiyu s uchetom ih fiziko-mehaniческих svojstv i arhitektoniki dlja ispol'zovaniya v selekcii: avtoref. dis.... d-ra biol. nauk: 06.01.05 / Luk'janova Irina Vladimirovna; Kubanskij gos. agrarnyj un-t. – Krasnodar, 2008. – 51 s.

2. Kovalev M.M. Deliteli mashin dlja uborki lubjanyh kul'tur (konstrukcija, teorija i raschet): monogr. – M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2014. – 244 s.

3. Sarkisjan G.M. Issledovanie principa stroenija steblej pri konstruirovanii sel'hoz mashin // Traktory i sel'hoz mashiny. – 1992. – № 5. – S.21 – 22.

4. Mehaniko – tehnologichni vlastivosti sil'skogospodars'kih materialiv / G.A. Hajlis, A.Ju. Gorbovij, Z.A. Goshko, M.M. Kovalev, O.O. Nalobina, S.F. Juhimchuk. – Luc'k: red.-vid. LDTU, 1998. – 268 s.
5. Kovalev N.G., Hajlis G.A., Kovalev M.M. Sel'skohozhajstvennye materialy (vidy, sostav, svojstva). – M.: IK «Rodnik», zh. «Agrarnaja nauka», 1998. – 208 s.
6. Hajlis G.A. Mehanika rastitel'nyh materialov. – Kiev: izd-vo UAAN, 2002. – 374 s.
7. Burmistrova M.F., Koljul'kova G.G. Fiziko-mehaničeskie svojstva sel'skohozhajstvennyh rastenij. – M.: Sel'hozgiz, 1955. – 360 s.
8. Fiziko-mehaničeskie svojstva rastenij, počhv i udobrenij (metody issledovanija, pribory, harakteristiki). – M.: Kolos, 1970. – 424 s.
9. Bykov N.N. Issledovanie tehnologičeskogo processa i ustrojstv dlja zazhima steblej v l'nouboročnyh kombajnah: dis.... kand. tehn. nauk: 05.20.01 / Bykov Nikolaj Nilovich. – Torzhok, 1969. – 163 s.
10. Kovalev M.M., Galkin A.V., Dmitriev V.I. Issledovanie soprotivlenija steblej l'na otgibu // Problemy povyšeniya tehnologičeskogo kachestva l'na-dolgunca: mat. Mezhdunar. nauch.-tehn. konf., g. Torzhok, 2 – 3 nojabrja 2004 g. – Torzhok, 2005. – S. 224 – 229.
11. Nalobina O.O. Doslidzhennja tehnologičnogo processu i obgruntuvanija parametriv zatisknogo transportera l'nokombajna: dis... kand. tehn. nauk: 05.20.01 / Nalobina Olena Oleksandrivna. – Luc'k, 1997. – 138 s.
12. Multi-scale morphology ical characterization of flax: from the stem to the fibrils / K. Charlet, S. Jernot, M. Gomina, J.P. Breard // Carbohydrate Polymers, 2010. – T. 82. – № 1. – S.54-61.
13. Limont A.S. Morphological indices of fiber flax stalks and machines for its harvesting // Europäische Fachhochschule. – 2015. – №1. – C. 79 – 84.
14. Kulaichev A.P. Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannyh. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Forum: Infra – M., 2006. – 512 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ковалев Михаил Михайлович – доктор технических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: m.kovalev@fncl.ru.

Просолов Сергей Викторович – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: tver.dep.sela@rambler.ru.

Перов Михаил Геннадьевич – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: mexanikuspost@yandex.ru.

Шишин Дмитрий Александрович – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: d.shishin@fncl.ru.

Author credentials

Affiliations

Kovalev Mixail – Full Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: m.kovalev@fncl.ru.

Prosolov Sergei – Junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: tver.dep.sela@rambler.ru.

Perov Mixail – Junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: mexanikuspost@yandex.ru.

Shishin Dmitri – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: d.shishin@fncl.ru.

Поступила в редакцию (Received): 25.02.2021 Принята к публикации (Accepted): 26.03.2021