

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ЛЬНОСЫРЬЯ
НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

А.С. Соколов, Н.М. Федосова, С.М. Вихарев

ГОУ ВПО Костромской государственный технологический университет

В статье представлены результаты разработки средствами языка fbd пакета КОНГРАФ алгоритма оценки качества льносырья по морфологическим признакам. Анализ проводится на основании предварительного исследования нескольких сортообразцов льна с разработкой и применением аппарата нечеткой логики и программных средств автоматизации.

Проблема эффективной переработки льняного сырья остается актуальной в течение ряда лет. Ее решению будет способствовать внедрение мероприятий по совершенствованию процесса получения трепаного льна, снижению его себестоимости при необходимости повышения качества продукции.

Результаты переработки тресты определяются качеством подготовки ее к механической обработке, режимами настройки машин, входящих в состав линии получения длинного волокна. Изучению процессов формирования слоя, подбору оптимальных режимов мяльных и трепальных машин, совершенствованию их конструкции посвящено большое количество работ, например [1-8]. Однако немаловажным фактором увеличения выхода длинного волокна является качество исходного сырья – стеблей льняной тресты. Важность оценки совокупности параметров слоя тресты, поступающей в обработку, а также способы их учета достаточно подробно изложены в [5, 9-11]. Следует отметить, что даже при идеальном формировании слоя, учете всех параметров его неровноты и настройке технологического оборудования в соответствии с ними в случае невысокого качества самих стеблей слоя получить высокий выход длинного волокна не представляется возможным.

Предварительной оценке результатов переработки льняного сырья может способствовать морфологический анализ пробы стеблей, отобранной из слоя. В результате ряда исследований [12-14] установлены закономерности изменения выхода длинного волокна от длины и толщины стеблей, их цвета. Так, например, длинностебельное сырье обеспечивает увеличение выхода и улучшение качества длинного волокна в сравнении с результатами переработки стеблей средней длины. При переработке толстостебельного сырья получают длинное волокно пониженного качества в сравнении со средне- и тонкостебельным.

Исследованиями [15, 16] подтверждено повышение точности прогноза величины выхода длинного волокна при учете таких характеристик стеблей как мыклость и сбежистость.

Для объективной оценки качества льняных стеблей необходим одновременный контроль указанных морфологических характеристик стеблей. В настоящее время практически отсутствуют комплексные оценки качества льна по морфологическим признакам [17]. Традиционные подходы к построению комплексных оценок предполагают определение коэффициентов весомости отдельных единичных показателей качества, осуществляемое посредством экспертного опроса или анализа экспериментальных массивов данных. В последнем случае полученные коэффициенты будут актуальны для конкретного массива.

В тех случаях, когда данные или их ограничения являются «плохо определенными для того, чтобы допустить точный математический анализ» [18], возможно применение алгоритмов и правил фаззи-логики, поскольку нечеткая логика предполагает использование математических средств, позволяющих построить модель, адекватную реальности, при качественной интерпретации, неточности или неопределенности анализируемых данных.

С учетом основных положений фаззи-логики для морфологических характеристик льняных стеблей возможно использование прямых методов задания функции принадлежности. Это предполагает определение для каждой морфологической характеристики полярных значений, соответствующих значениям функции принадлежности, 0 или 1.

Так, из литературы известно, что по длине различают стебли льна короткие – до 50 см, средние с длиной стебля 50-70 см и длинные – 70-100 см [19]. По толщине обычно различают лен тонкостебельный, когда стебли имеют диаметр от 0,8 до 1,2 мм, средний – от 1,3 до 2 мм и толстостебельный – при диаметре стебля от 2,1 мм и выше [13]. У стеблей льна-долгунца среднего качества мыклость составляет 400-700 [19]. При мыклости больше 700 из стеблей получают волокно лучшего качества, а при мыклости меньше 400 – худшего.

В качестве отдельных морфологических характеристик стеблей выбраны общая длина, мыклость, удельная сбежистость, которые наиболее полно характеризуют стебель с точки зрения количества и качества длинного волокна, которое можно из него выделить при механических воздействиях.

С учетом этого предложена градация морфологических характеристик, их качественная оценка и алгоритмы оценки (табл. 1, рис. 1). Следует отметить, что диапазон изменения удельной сбежистости принят по результатам морфологического анализа стеблей различных сортов долгунцовых и масличных льнов [20, 21]. В работе использованы результаты морфологического анализа стеблей соломы различных групп льна. Однако принципиальные отличия в морфологическом строении стеблей соломы и тресты, за исключением цветковых характеристик, которые здесь не учитывались, отсутствуют.

Таблица 1 – Качественная и количественная оценка используемых логических переменных

Качественная оценка логических переменных	Логические переменные		
	общая длина, см	мыклость, ед.	удельная сбежистость, мм/мм
NB-отрицательная большая	<45	<400	>0,0017
NS-отрицательная малая	45-55	400-500	0,0015-0,0017
Z-нулевая	55-65	500-600	0,0013-0,0015
PS-положительная малая	65-75	600-700	0,0011-0,0013
PB-положительная большая	>75	>700	<0,0011

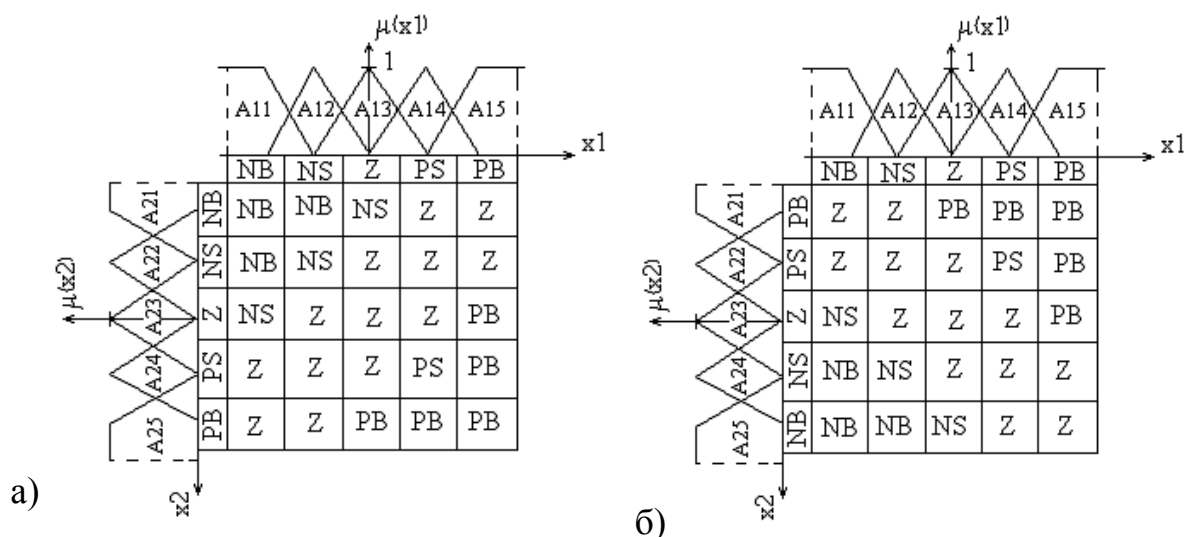


Рисунок 1 – Табличное представление алгоритма оценки на основе фаззи-логики: а) системы по координатам общая длина (x_1) и мыклость (x_2); б) системы по координатам общая длина и мыклость (x_1) и удельная сбежистость (x_2)

Для реализации данных алгоритмов была разработана программа в среде Конграф на языке функциональных блоковых диаграмм (рис.2). Для апробации алгоритмов и программы использовали результаты исследования морфологических особенностей современных сортов масличного льна и льна-долгунца [20, 21]. Результаты реализации предложенных алгоритмов представлены на рис.3-4.

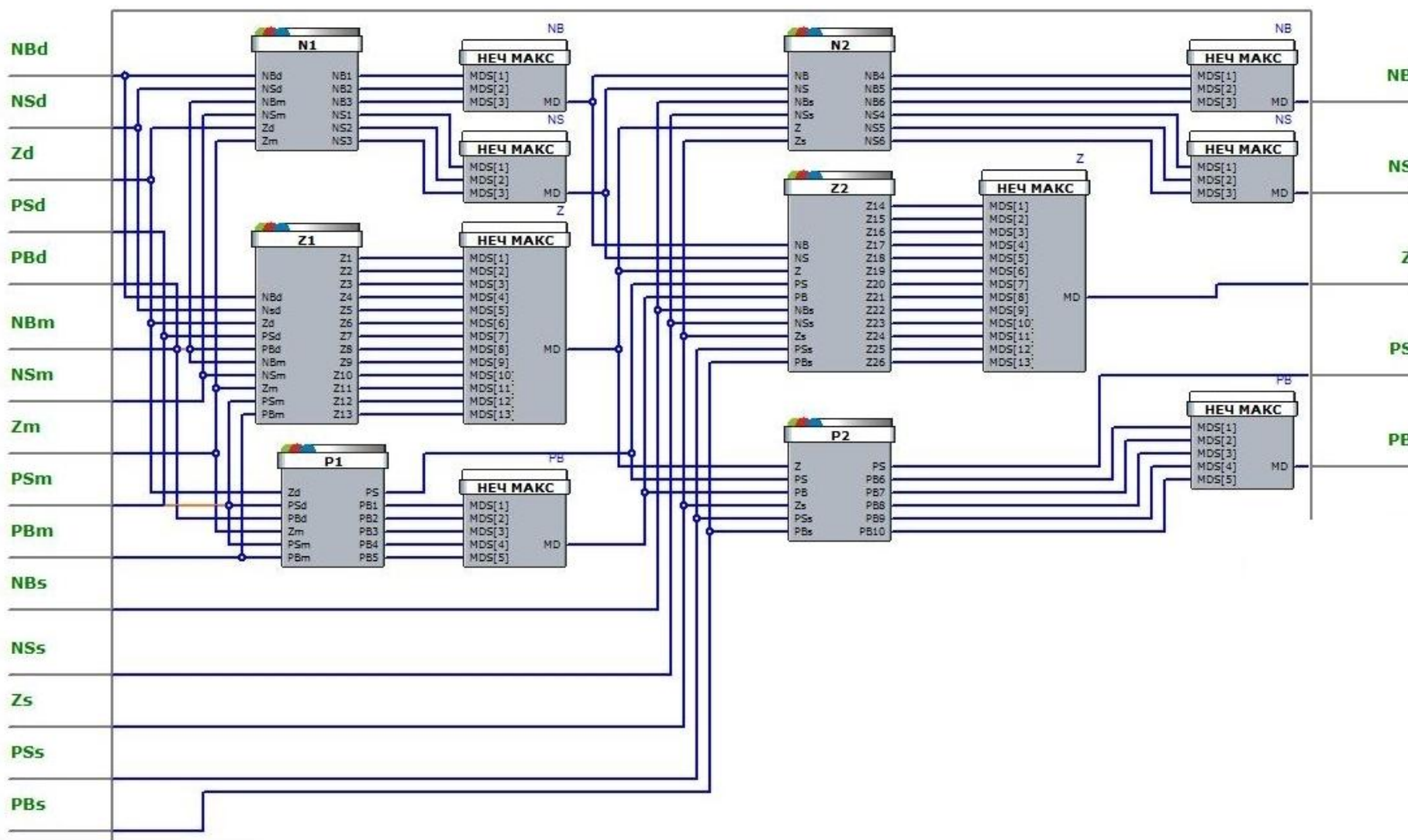
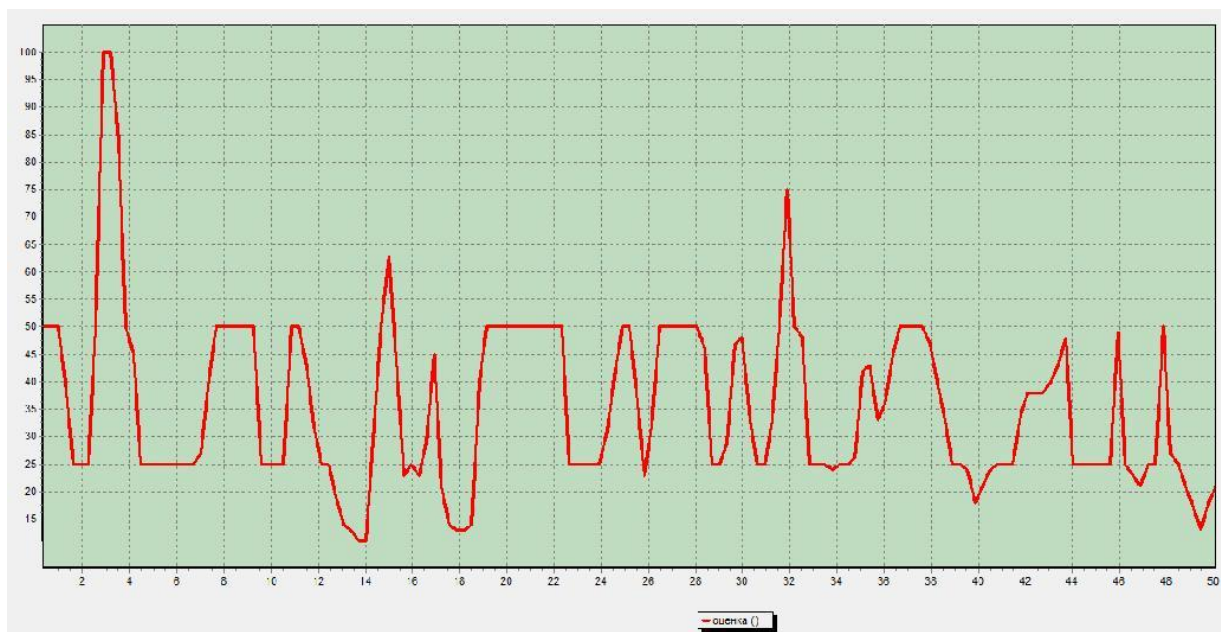
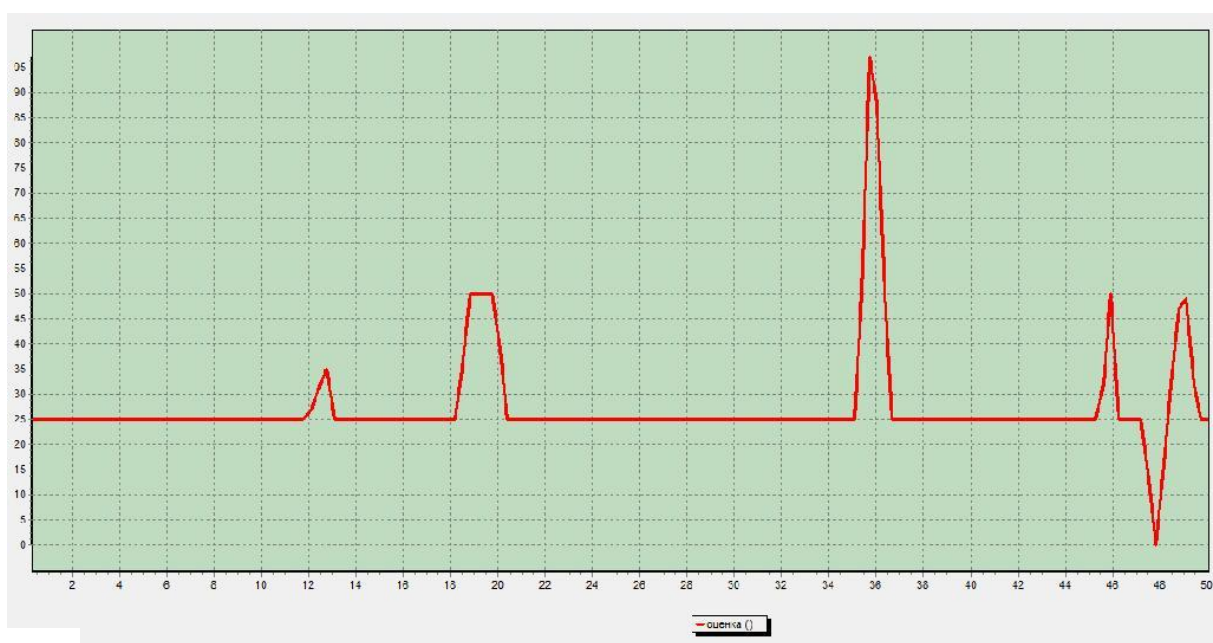


Рисунок 2 – Блок логики в программе анализа качества льняных стеблей на языке fbd



а)



б)

Рисунок 3 – Комплексная оценка морфологического качества стеблей масличного льна на основе нечеткой логики: а) сорт Ручеек; б) образец К-4166 (по оси абсцисс указаны порядковые номера стеблей, по оси ординат – величина их комплексной оценки, ед.)

а)



б)



в)



Рисунок 4 – Комплексная оценка морфологического качества стеблей льна-долгунца на основе нечеткой логики: а) сорт Тверской; б) сорт А-93; в) сорт Антей (по оси абсцисс указаны порядковые номера стеблей, по оси ординат – величина их комплексной оценки, ед.)

Результаты статистической обработки полученных комплексных оценок льняных сортообразцов приведены в таблице 2. Корреляционный анализ средних комплексных оценок и массовой доли луба в стеблях показал наличие прямой сильной связи между этими характеристиками. Так, коэффициент корреляции составил 0,87 и оказался значимым при доверительной вероятности 95%.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки комплексных оценок анализируемых сортообразцов льна

Анализируемые сортообразцы льна	Результаты статистической обработки комплексных оценок		
	объем выборки, шт.	среднее арифметическое, ед.	коэффициент вариации, %
Ручеек	50	36±5	47,4
К-4166	50	28±4	46,2
Тверской	10	83±15	25,3
А-93	10	79±15	26,1
Антей	10	90±9	14,6

ВЫВОДЫ

1. Предложена качественная оценка и алгоритмы для оценки качества льняных стеблей по общей длине, мыклости и удельной сбежистости на основе аппарата нечеткой логики;

2. Проведена программная реализация системы анализа качества льняных стеблей на языке функциональных блоковых диаграмм программных средств КОНГРАФ;

3. Корреляционный анализ комплексных оценок качества на основе нечеткой логики и массовой доли луба в льняных стеблях показал наличие прямой достоверной связи между контролируемыми параметрами при доверительной вероятности 95%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пальмов А.К. Исследование и совершенствование формирования стеблевого слоя на мяльно-трепальных агрегатах льнозаводов : дис. ...к-та техн. наук / Пальмов Альберт Климентьевич; Костром. технол. ин-т. – Кострома, 1979.
2. Смирнов Б.И. Основы теории и оптимизации процесса мятья в валковых мяльных машинах : дис. ...д-ра техн. наук / Смирнов Борис Иванович; Костром. технол. ин-т. – Кострома, 1980.
3. Ипатов А.М. Научные основы повышения использования сырья на льнозаводах путем реальной организации стеблевого слоя по переходам производства : дис. ...д-ра техн. наук / Ипатов Александр Михайлович; Костром. технол. ин-т. – Кострома, 1989.
4. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины : дис. ...к-та техн. наук / Новиков Эдуард Валерьевич; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 1998.
5. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна : дис. ...д-ра техн. наук / Лапшин Андрей Борисович; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2002.
6. Дьячков В.А. Теоретическое обоснование технологических и конструктивных параметров для производства длинных волокон льна : дис. ...д-ра техн. наук / Дьячков Владимир Александрович; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2003.
7. Вихарев С.М. Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для трепания льна : дис. ...к-та техн. наук / Вихарев Сергей Михайлович; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2003.
8. Енин М.С. Разработка и обоснование параметров процесса и машин для предварительной обработки льняного сырца : дис. ...к-та техн. наук / Енин Михаил Сергеевич; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2010.
9. Дроздов Ю.В. Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна : дис. ...к-та техн. наук / Дроздов Юрий Владимирович; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2004.
10. Румянцева И.А. Совершенствование системы контроля параметров качества льняной стланцевой тресты : дис. ...к-та техн. наук / Румянцева Ирина Анатольевна; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2007.
11. Баринов А.А. Разработка параметров системы управления положением слоя стеблей при получении трепаного льняного волокна : дис. ...к-та техн. наук / Баринов Анатолий Андреевич; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2010.

12. Первичная обработка лубяных волокон : учебник для студентов вузов текст. пром-сти / В.В. Марков, Н.Н. Суслов, В.Г. Трифонов, А.М. Ипатов. – М.: Легкая индустрия, 1974.

13. Борухсон Б.В. Товароведение лубяных волокон : учебное пособие для сред. спец. заведений текст. пром-сти / Б.В. Борухсон, В.В. Городов, А.Г. Скворцов. – М.: Легкая индустрия, 1974.

14. Круглий И.И. Повышение эффективности льняного комплекса АПК : Рекомендации / И.И. Круглий, Е.Л. Пашин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007.

15. Павлова Л.Н. Этапы развития селекционной работы по льну-долгунцу: достижения и основные направления / Л.Н. Павлова // Научные достижения – льноводству. Материалы научно-практической конференции «Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу». – Торжок: ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии, 2010. – С.39-45.

16. Павлова Л.Н. Оценка качества волокна льна-долгунца в единичных стеблях по их морфологическим признакам / Л.Н. Павлова, С.Р. Большакова, Т.А. Александрова // Научные достижения – льноводству. Материалы научно-практической конференции «Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу». – Торжок: ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии, 2010. – С. 77-81.

17. Болонкин В.А. Совершенствование методов и средств изучения строения льна по анатомическим и морфологическим признакам : дис. ...к-та техн. наук / Болонкин Владимир Александрович; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2010.

18. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001.

19. Льноводство. – М.: Колос, 1967.

20. Кабалин Е.Г. Особенности морфологического и анатомического строения стеблей некоторых сортов льна-долгунца, выращенных в Костромской области / Е.Г. Кабалин, Н.М. Федосова // Основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства Евро-Северо-Востока России: сборник материалов научно-практической конференции. – Кострома, 2008.

21. Федосова Н.М. Исследование свойств льна-межеумка и обоснование метода прогнозирования его технологической ценности : дис. ...к-та техн. наук / Федосова Наталья Михайловна; Костром. гос. технол. ун-т. – Кострома, 2002.