

М.А. Бурьянов¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
А.И. Бурьянов¹, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник;

И.В. Червяков¹, младший научный сотрудник лаборатории;

О.А. Костыленко², научный сотрудник,
ФГБНУ «Аграрный научный центр "Донской"» подразделение СКНИИМЭСХ,
(347740, г. Зерноград, ул. Ленина, 14);
ФГБНУ «Аграрный научный центр "Донской"»
(347740, г. Зерноград, Научный городок, 3; email: yniizk30@mail.ru)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ДМИТРИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ

При проектировании и эксплуатации уборочных машин, реализующих технологию очеса растений на корню, необходимы знания свыше десяти физико-механических характеристик, включающих линейные размеры, весовые и прочностные параметры как растений в целом, так и их компонентов. Ранее выполненные нами исследования различных сортов озимой пшеницы показывают, что их физико-механические характеристики отличаются довольно существенно. Так, при среднем значении длины стебля растений изучаемого сорта Дмитрий 0,8 м, и его диаметре в средней части 3,65 мм, среднее значение длины стебля Гром составило 0,545 м, диаметр в средней его части 3,2 мм. Из-за различия геометрических характеристик сравниваемых сортов усилие разрыва стебля сорта Гром составило 2,29 кГ, что в 1,35 раза меньше, чем сорта Дмитрий. Внутрисортовые колебания физико-механических характеристик растений озимой пшеницы также весьма значительны. Варьирование длины стебля растения озимой пшеницы сорта Дмитрий, составляет 0,35-1,25 м, а угла его изгиба до излома – $29,26^{\circ}$ - $74,74^{\circ}$. Величина и соотношение геометрических характеристик растений убираемой культуры оказывают влияние на выбор взаимного расположения обтекателя и очесывающего барабана и положения жатки относительно поверхности поля. Величины коэффициента трения компонентов вороха по рабочим поверхностям очесывающего устройства, коэффициента восстановления зерна оказывают влияние на скорость его отрыва от колоса, траекторию движения в транспортирующем канале, и, в конечном счете, на качество выполнения технологического процесса. Поэтому их изучение является актуальной задачей.

Ключевые слова: прочностные характеристики, пшеница, комбайновый очес, математическая модель, параметры.

M.A. Buryanov¹, Candidate of Technical Sciences, senior research officer;
A.I. Buryanov¹, Doctor of Technical Sciences, professor, main research office;
I.V. Chervyakov¹, junior research officer;
O.A. Kostylenko², research officer,
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”, subdivision NCRIMEA,
(347740, Zernograd, Rostov region, Lenin Str., 14);
FSBSI «Agricultural Research Center “Donskoy”
(347740, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru)

THE STUDY RESULTS OF THE CHARACTERISTICS OF WINTER WHEAT VARIETY ‘DMITRY’ TO SUBSTANTIATE PARAMETERS AND REGIMES OF STRIPPING REAPER WORK

It's necessary to know more than ten physical-mechanical characteristics including height, weight and strength of plants and their parts to design and work on the harvesters stripping plants under roots. The former conducted researchers of various winter wheat varieties show, that their physical-mechanical characteristics are greatly different, e.g. the length of a stem and its diameter of the studied variety ‘Dmitry’ is 0.8m and 3.65mm respectively, while the length of a stem and its diameter of the variety ‘Grom’ is 0.545m and 3.2mm respectively. Due to various geometric characteristics of the compared varieties the stem cutting force of the variety ‘Grom’ was 2.29 kG, that is on 1.35 less than that of the variety ‘Dmitry’. Intravarietal variations of physical-mechanical characteristics of the winter wheat plants are of great importance as well. The variation of stem length of the winter wheat variety ‘Dmitry’ is of 0.35-1.25m, the angle of its bending to fracture is of 29.26° - 74.74° . The size and aspect ratio of plant characteristics have a great effect on the mutual arrangement of the fairing and the stripping drum and the position of the reaper against the field surface. The values of the coefficient of friction of the heap components along the working surfaces of the stripper as well as the coefficient of grain recovery influence upon the speed of its detachment from the ear, the trajectory of motion in the transport channel, and, ultimately, the quality of the whole process. That's why their study is of great importance.

***Keywords:** strength characteristics, wheat, stripping by a combine, mathematic model, parameters.*

Введение. При проектировании и эксплуатации уборочных машин, реализующих технологию очеса растений на корню, необходимы знания о геометрических (размерных) параметрах и прочностных характеристиках убираемых растений. Для информационного обеспечения математической модели процесса очеса зерновых культур [1;2;3;4],

применяемой при проектировании, регулировки и управления очесывающими жатками, необходимо иметь данные о физико-механических характеристиках убираемых растений: длине растения, стебля, соцветия и их варьирование; усилия, необходимом для разрыва стебля; зависимости силы сопротивления стебля изгибу от угла его наклона; величине усилия, необходимого для отрыва чешуйки или зерновки от соцветия; коэффициенте трения компонентов вороха по рабочим поверхностям очесывающего устройства; коэффициенте восстановления зерна.

Первостепенное внимание уделено изучению характеристик растений озимой пшеницы. Эта культура в большинстве зернопроизводящих регионов в структуре посевных площадей зерновых колосовых, на уборке которых формируется пик потребности в зерноуборочных комбайнах, занимает до 70%. Исследования по изучению физико-механических характеристик сортов озимой пшеницы ведутся нами с 2008 года. Ряд вопросов по этой теме освещен в статьях [5;6;7]. В данной статье представлены результаты исследования прочностных характеристик растений озимой пшеницы сорта Дмитрий, выращенного на опытном поле ФГБНУ АНЦ «Донской» подразделения СКНИИМЭСХ.

Материалы и методы. Для определения весовых и размерных характеристик растений и их компонентов озимой пшеницы сорта Дмитрий брали пробы с четырех площадок размером 0,5 x 0,5 м, расположенных по диагонали опытного участка объемом выборки 186 растений [8].

При проведении измерений параметров изучаемых растений озимой пшеницы влажность их отдельных компонентов составляла: зерно – 9,8, колосковые чешуйки – 10,8, стебель – 13,2 %.

Линейные измерения растений, колосьев, стеблей, их диаметра, величины прогиба третьего междоузлия до его излома (оценка жесткости), толщины стенки стебля производили с помощью линейки, штангенциркуля и микрометра. Взвешивание отдельных компонентов растений выполняли на аналитических весах. Для определения усилий разрыва стебля растения, усилий, вызывающих излом стебля при его наклоне, излом средней части стебля, использовали компьютер, усилитель ТДА-6 с приставкой и набор тензобалок, устанавливаемых на специально изготовленных приборах и оборудовании. Коэффициент трения покоя определяли на устройстве, изготовленном с использованием головки чертежного прибора «Пеленг». Коэффициенты трения движения зерна, полвы и колоса растений озимой пшеницы сорта Дмитрий по поверхности, выполненной из стали и пластика, определяли на приборе, изготовленном по схеме, предложенной академиком В.А. Желиговским [9]. Коэффициент восстановления зерна

озимой пшеницы при ударе о поверхности перечисленных выше испытываемых материалов определяли из зависимости, предложенной в [10]: $K=(h_1/h)^{0.5}$; h - высота сбрасывания зерна на испытываемую поверхность; h_1 – высота отскока зерна после контакта с испытываемой поверхностью (материал, из которого изготовлен обтекатель).

Результаты. При уборке зерновых колосовых очесом отделение колоса от стебля, его разрушение, его разрыв или вырыв из почвы, может произойти при контакте с обтекателем, если на его передней стенке произойдет захлестывание растения или колоса, а возникающая при этом сила трения окажется достаточной для его разрушения. Природа этого явления описана в [1;2;3], однако наступление этого события может быть определено на основе сравнения размеров и формы обтекателя с линейными размерами контактирующих с ним растений. Например, при очесе растений жаткой, передняя плоскость обтекателя которой выполнена под постоянным углом наклона, разрыв стебля произойдет, если при его контакте колос или часть колоса со стеблем будут располагаться выше верхней кромки обтекателя.

При контакте растения с обтекателем, передняя плоскость которого выполнена выпуклой вперед по ходу жатки, стебель будет разрушен, если часть стебля с колосом располагается выше линии перегиба плоскости, а радиус перегиба минимальный, либо переход от одного радиуса кривизны к другому достаточно существенный.

Возможность отрыва колоса от стебля при его контакте с обтекателем в значительной мере зависит от физико-механических характеристик компонентов очесываемых растений. Знание этих характеристик важно, как при проектировании очесывающих устройств, так и при выборе режимов их работы в процессе эксплуатации.

Разрыв стебля происходил чаще всего на узлах. Характеристики растений озимой пшеницы сорта Гром [7] существенно отличаются от характеристик растений сорта Дмитрий. При среднем значении длины стебля растений сорта Гром 0,545 м, и диаметре в средней его части 3,2 мм усилие разрыва стебля составило 2,29 кГ, что в 1,35 раза меньше, чем усилие разрыва стебля растения сорта Дмитрий (таблица 1)

1. Статистические характеристики растений озимой пшеницы сорта Дмитрий: длины стебля, усилия его разрыва, диаметра в его средней части

Измеряемый объект	Значение вычисленных характеристик					
	Среднее арифметическое, X	Дисперсия, D	Стандартное отклонение, σ	Коэффициент вариации, v %	Ошибка средней, S	Относительная ошибка средней, S %
Длина стебля, м	0,80	0,002	0,15	18.31	0,01	1.34

Диаметр средней части стебля, мм	3,66	0,35	0,59	16	0,09	2,3
Усилие разрыва, кг	3,107	3,169	1,780	57	0.148	4,76

Диапазон варьирования длины стеблей растений сорта Дмитрий, при соблюдении правила 3^а, составляет 0,35-1,25м. Еще более существенно изменение усилия разрыва стебля, значение коэффициента вариации которого 57%.

При определении жесткости стеблей растений озимой пшеницы сорта Дмитрий измеряли диаметр места изгиба, величину прогиба стебля до излома средней его части, усилие, вызывающее излом, и толщину стенки. Чем больше угол наклона обтекателя и чем короче стебель растений минимальной длины, по которому ориентируют положение нижней кромки обтекателя, тем сильнее прогиб растений, имеющих максимальную длину стебля. Если колос находится выше нижней кромки обтекателя, а длина растения такая, что его комель переместился дальше вертикали, проходящей через ось барабана, в таком положении прогиб стебля достигнет критических значений и произойдет его излом. Эти данные позволяют оценить жесткость стебля EJ_{cp} , которую определяли в соответствии с последовательностью, изложенной в работе Лукьяновой И.В. [11], где

E – модуль упругости; J_{cp} – осевой момент инерции сечения средней части стебля. $E = \sigma / \epsilon$; σ – напряжение изгиба; ϵ – относительное удлинение; $\sigma = P \cdot L / (4W)$; P – усилие излома средней части стебля; L – расстояние между опорами (рисунок 2); W – осевой момент сопротивления. $W = \frac{\pi}{32} \cdot (D^4 - d^4) / D$; $\epsilon = 12 J_{cp} \cdot f / (W \cdot L^2)$; $J_{cp} = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$; $d = D - 2\Delta$;

Δ – толщина стенки стебля в средней части пробы.

2. Статистические характеристики диаметра, величины прогиба средней части, толщины стенки стебля озимой пшеницы и усилий до его излома.

Измеряемый объект	Значение вычисленных характеристик					
	Средняя арифметическая, X	Дисперсия, D	Стандартное отклонение σ	Коэффициент вариации, v %	Ошибка средней S	Относительная ошибка средней, S %
Диаметр места изгиба D, мм	3,55	0,41	0,64	18	0,09	2,6

Величина прогиба в средней части стебля до излома f , мм	10,50	18,21	4,27	40	0,60	5,7
Усилие излома P , г	122,78	3650,59	60,42	49	8,54	7,0
Толщина стенки Δ , мм	0,21	0,003	0,06	29	0,01	4,1

Из приведенных выше зависимостей видно, что жесткость стебля растения будет тем больше, чем больше диаметр стебля, толщина его стенки и модуль упругости. Если растения, по высоте которых устанавливают нижнюю кромку обтекателя, будут меньшей длины, то обтекатель необходимо опустить на такую же величину. При этом растение, имеющее максимальную длину, будет наклонено на максимальный угол, в момент схода колоса с нижней кромки обтекателя (табл. 3).

3, Статистические характеристики диаметра средней части стебля, угла его наклона и усилий, возникающих при наклоне в момент излома растения озимой пшеницы сорта «Дмитрий»

Измеряемый объект	Значение вычисленных характеристик					
	Средняя арифметическая, \bar{X}	Дисперсия, D	Стандартное отклонение, σ	Коэффициент вариации, $v\%$	Ошибка средней, S	Относительная ошибка средней, $S\%$
1	2	3	4	5	6	7
Диаметр средней части стебля, мм	4,08	0,17	0,41	10	0,06	1,4
Угол изгиба стебля, град.	52,0	57,50	7,58	15	1,07	2,1
Усилие излома стебля, г	17,79	17,16	4,14	23	0,59	3,3

Величина усилия незначительна, так как оно приложено к верхней части растения на всей его длине. Вероятность излома длинностебельного растения при его очесе в хлебостое с большой ярусностью еще не означает, что его колос не попадет в зону очеса.

При достаточной густоте стеблестоя, если не произошло отделение колоса от стебля, он может, опираясь на последующие за ним стебли растений, попасть в зону очеса.

При контакте колоса растения в первый момент с поверхностью обтекателя, имеют место следующие ситуации.

1. Контакт зерна, находящегося в колосе, с поверхностью обтекателя вдоль радиуса его кривизны, который совпадает с направлением движения агрегата. Это явление прямого удара. При нем происходит упругая деформация зерна с последующим восстановлением формы. Зная скорость движения агрегата, можно вычислить скорость зерна после его контакта с обтекателем, учитывая, что

$V_2 = -V_1 \cdot K$, где: V_2 – скорость зерна после удара об обтекатель; V_1 – скорость агрегата; K – коэффициент восстановления зерна.

2. Непрямой удар, когда радиус, проведенный через точку контакта с поверхностью обтекателя зерна, находящегося в колосе, не совпадает с направлением движения агрегата на угол, не превышающий угол трения. Ситуация описана в статье [2], откуда следует, что для данного случая кроме информации о величине коэффициента восстановления необходимы данные о величине коэффициента трения покоя.

3. Если радиус, проведенный через точку контакта с поверхностью обтекателя зерна, находящегося в колосе, не совпадает с направлением движения агрегата на угол, превышающий угол трения, произойдет скольжение колоса с зерном по поверхности обтекателя до его схода или выделения зерна из колоса, если сила трения достаточна для разрушения связи. Это явление свойственно второй фазе контакта колоса с обтекателем. Для определения силы трения необходимо знать величину коэффициента трения движения.

В соответствии с описанной выше методикой определения коэффициента восстановления зерна его численные значения составили для пары «зерно-сталь» 0,35-0,45, а для пары «зерно-пластик СВМП» – 0,34-0,43. В процессе проведения исследований по определению численных значений коэффициентов восстановления зерна выяснили, что при одинаковом положении зерна относительно контактируемой поверхности из одного и того же материала его численное значение зависит от размеров зерна и его местоположения на колосе (табл. 4).

4. Значение коэффициента трения покоя и трения движения компонентов растений озимой пшеницы сорта «Дмитрий» на поверхности обтекателя из стали, пластика СВМПЭ и керамопласта

Материал 1	Материал 2	Значение коэффициента трения движения (по Желиговскому)	Значение коэффициента трения движения*	Значение коэффициента трения покоя
Зерно	Сталь прокат	0,20	0,25	0,44
Зерно	СВМП	0,17	-	0,26
Зерно	Керамопласт	0,16	-	0,25
Полова	Сталь прокат	0,20	0,37	0,48
Полова	СВМП	0,11	-	0,32
Полова	Керамопласт	0,11	-	0,28
Колос (к вершине)	Сталь прокат	0,20	0,33	0,53
Колос (к вершине)	СВМП	0,18	-	0,27
Колос (к вершине)	Керамопласт	0,17	-	0,21
Колос (от вершины)	Сталь прокат	0,15	-	-
Колос (от вершины)	СВМП	0,15	-	-
Колос (отвершины)	Керамопласт	0,13	-	-

Примечание:* данные из источника [12]

При контакте компонентов озимой пшеницы с поверхностью обтекателя, выполненной из пластика СВМПЭ и керамопласта, численные значения их коэффициентов трения покоя, по сравнению с численными значениями коэффициентов трения покоя по поверхности из стали, уменьшаются. Наиболее существенно снижение численного значения коэффициента трения покоя пары «зерно-керамопласт» по сравнению с парой «зерно-сталь», которое составляет 43,2%. Непосредственный контакт зерна с наружной поверхностью обтекателя может происходить лишь в случае, когда чешуйка прикрывает зерновку не по всей ее длине. Для отдельных сортов пшеницы такая ситуация складывается при их уборке на 20-30 день после наступления полной спелости. Наибольшее значение коэффициента трения покоя для пары «колос -сталь» (направление движения к вершине) составляет 0,53, что соответствует углу трения 28° . В таблице для сравнения приведены данные численных значений коэффициентов движения отдельных компонентов растений озимой пшеницы, опубликованных в справочной литературе [12]. Эти данные существенно отличаются от полученных нами в результате выполненных экспериментов. Приведенные данные подтверждают необходимость изучения свойств растений, которые изменяются с появлением новых сортов, и их взаимодействия с рабочими органами уборочных машин, для изготовления которых применяют новые материалы, обладающие улучшенными показателями.

Выводы

1. Результаты исследований подтверждают существенность внутривидовых отличий характеристик сортов озимой пшеницы. При среднем значении длины стебля растений сорта Дмитрий 0,8 м и его диаметре в средней части 3,65 мм., среднее значение длины стебля сорта Гром составило 0,545 м, диаметр в средней его части 3,2 мм, в результате чего усилие разрыва стебля составило 2,29 кГ, что в 1,35 раза меньше чем усилие разрыва стебля растения сорта Дмитрий.

2. При контакте компонентов озимой пшеницы с поверхностью обтекателя выполненной из пластика СВМПЭ и керамопласта, численные значения их коэффициентов трения покоя по сравнению с численными значениями коэффициентов трения покоя по поверхности из стали уменьшаются. Наиболее существенно снижение численного значения коэффициента трения покоя пары «зерно-керамопласт» по сравнению с парой «зерно-сталь», которое составляет 43,2%.

3. Значения коэффициента трения движения, определенные для компонентов растений озимой пшеницы сорта Дмитрий, существенно отличаются от данных, приведенных в справочной литературе. Так, для пар «полова-сталь прокат» и «колос к вершине-сталь прокат» значения коэффициента трения движения, полученные при эксперименте, составили 0,20, а значения, приведенные в справочнике [12], – соответственно 0,37 и 0,33.

4. Коэффициент восстановления зерна для пары «зерно-сталь» составляет 0,35-0,45, а для пары «зерно-пластик СВМПЭ»– 0,34-0,43.

5. Применение полученных на основе предложенных способов и средств физико-механических характеристик растений озимой пшеницы сорта Дмитрий в качестве исходных данных для расчетов на разработанных математических моделях процесса очеса и их сравнения с результатами, полученными на лабораторной установке, показали достаточно высокую, с вероятностью 0,9, их сходимость.

Литература

1. Бурьянов, М.А. Параметры и режимы процесса очеса зерновых культур навесной на комбайн жаткой: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Бурьянов Михаил Алексеевич. – зерноград, 2011. – 184 с.

2. Бурьянов, М.А. Методика обоснования параметров обтекателя однобарабанной очесывающей жатки / М.А. Бурьянов, А.И. Бурьянов, О.А. Костыленко / Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №7. – С. 19-23.

3. Бурьянов, М.А. Методика математического моделирования взаимодействия растений зерновых культур с очесывающим барабаном жатки / М.А. Бурьянов, А.И. Бурьянов, О.А. Костыленко / Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №9. – С. 19-22.
4. Бурьянов, М.А. Методика математического моделирования процесса движения зерна в транспортирующем канале очесывающей жатки / М.А. Бурьянов, А.И. Бурьянов, И.В.Червяков / Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №10. – С. 27-30.
5. Бурьянов, А.И. Исследование морфологических и физико-механических свойств растений озимой пшеницы, определяющих параметры и режимы работы уборочных машин / А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, О.А. Костыленко / Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: Сб. науч. тр. Международной научно-технической конференции «Ресурсосберегающие технологии и инновационные проекты в АПК» (14-15 апреля 2009г., Зерноград) ВНИПТИМЭСХ.– Зерноград, 2009. – С. 209-215.
6. Костыленко, О.А. Исследование зависимости между геометрическими и весовыми характеристиками растений озимой пшеницы / О.А. Костыленко // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО-2014»: сб. науч. тр. Международной научно-методической конференции 4-7 сентября, Ростов-на-Дону. – Зерноград, п. Дивноморское, 2014. – С. 274-283.
7. Бурьянов, А.И. Изучение физико-механических характеристик растений озимой пшеницы, выращенных в условиях 2014 года / А.И. Бурьянов, О.А. Костыленко, М.А. Бурьянов // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. науч. тр. 8-й международной научно-практической конференции 3 – 6 марта 2015 г., (г. Ростов-на-Дону), в рамках 18-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2015». – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 61 - 64.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Альянс, 2014. – 351 с.
9. Патент № 65957 РФ, МПК А1 G01N19/02. Прибор для определения коэффициентов трения / В.А. Желиговский. - №627, заявл.: 27.06.1944; опубл.:01.01.1946.
10. Добронравов, В.В. Курс теоретической механики / В.В. Добронравов, Н.Н. Никитин, А.Л. Дворников. – М.: Высшая школа, 1966. – 623 с.
11. Лукьянова, И.В. Анализ видовых и сортовых особенностей устойчивости стеблей злаковых культур к полеганию с учетом их физико-механических свойств и архитектоники для использования в селекции. / И.В. Лукьянова: автореферат диссертации доктора биологических наук. ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – Краснодар, 2008. – 51с.

12. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 2 т. / под ред. А.В. Красниченко. – М.: Машгиз, 1962. – Т. 1. – 655 с.

Literature

1. Buryanov, M.A. Parameters and regimes of a stripping process of grain plants by a mounted reaper: thesis on Cand. of Technical Sciences: 05.20.01 / Buryanov Mikhail Alekseevich. – Zernograd, 2011. – 184 p.
2. Buryanov M.A The methodology of substantiation of parameters of a fairing of one-drum reaper/ M.A. Buryanov, A.I. Buryanov, O.A. Kostylenko/ Tractors and agricultural machines. – 2015. – №7. – PP. 19-23.
3. Buryanov M.A The methodology of mathematic modeling of interaction of grain crops with a stripping reaper/ M.A. Buryanov, A.I. Buryanov, O.A. Kostylenko/ Tractors and agricultural machines. – 2015. – №9. – PP. 19-22.
4. Buryanov M.A. The methodology of mathematic modeling of grain transportation through a transporting channel of a stripper head/ M.A. Buryanov, A.I. Buryanov, I.V. Chervyakov/ Tractors and agricultural machines. – 2015. – №10. – PP. 27-30.
5. Buryanov A.I. The study of morphologic and physical-mechanical properties of winter wheat, estimating parameters and regimes of harvesters/ A.I. Buryanov, M.A. Buryanov, O.A. Kostylenko/ Resource-saving technologies: cultivation and processing of agricultural products. (The collection of the research works of the International Science-Technical Conference ‘resource-saving technologies and innovative projects in AIC’(April, 14-15, 2009, Zernograd). – VNIPTIMESH. – Zernograd, 2009. PP. 209-215.
6. Kostylenko O.A. The study of the relationship between the geometric and weight characteristics of winter wheat / O.A. Kostylenko // The innovative technologies in science and education ‘ITNO-2014’ in the collection of the research works of the International Science-Methodical Conference, 4-7 of September, Rostov-on-Don. – Zernograd, v. Divnomorskoe, 2014. – PP. 274-283.
7. Buryanov A.I. The study of physical and mechanical characteristics of winter wheat, grown in 2014 / A.I. Buryanov, O.A. Kostylenko, M.A. Buryanov // The state and perspectives of development of agricultural machinery: the collection of research works of the VIII-th International Scientific-Practical Conference of the 3-6 March, 2015, Rostov-on-Don. Dedicated to the XVIII-th International Agricultural Exhibition ‘Interagromash-2015’. – Rostov-on-Don, 2015. – PP. 61 - 64.
8. Dospekhov, B.A. Methodology of a field trial (with the basis of statistic processing of the study results) / B.A. Dospekhov. - M.: Aliyans, 2014. – 351 p.

9. Patent № 65957 RF, MPK A1 G01N19/02. The device for estimation of coefficients of friction / V.A. Zheligovsky. - №627, applic.: 27.06.1944; published :01.01.1946.
10. Dobronravov, V.V. The course of theoretical mechanics/ V.V. Dobronravov, N.N. Nikitin, A.L. Dvornikov. – M.: Vysshaya Shkola, 1966. – 623 p.
11. Lukyanova, I.V. The analysis of the varietal traits of grain crop resistance to lodging taking into account their physico-mechanical properties and architectonics for use in breeding / I.V. Lukyanova // thesis on Doctor of Biological Sciences. FSEI HEE ‘Kuban State Agricultural University’. Krasnodar, 2008.– P. 51.
12. Directory of the designer of agricultural machinery: in 2 Volumes / edited by A.V. Krasnichenko. – M.: Mashgiz, 1962. – V. 1. – 655 p.