

УДК 631.354.2.076: 631.316.022.4

ОТКЛОНЕНИЕ СТЕБЛЕЙ УБИРАЕМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

А. В. КЛОЧКОВ, Р. В. БОГАТЫРЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 22. 02.2019)

Применение пневматических устройств в конструкции зерноуборочных комбайнов является важным резервом повышения технологических возможностей проведения уборки с сокращением потерь урожая. При работе данные устройства способны обеспечить устойчивую подачу убираемой растительной массы, приводящей к повышению производительности комбайна. Возможна подача дополнительного воздушного потока на различную высоту стеблестоя. Предложены различные устройства для реализации подвода стеблей убираемых зерновых культур на платформу жатки с использованием механических и пневматических устройств. Разработанная методика исследования действия воздушного потока на стебли убираемых растений предназначена для выбора параметров пневматического устройства жатки зерноуборочного комбайна. Проведены исследования с определением отклонения типичных стеблей пшеницы, тритикале и ячменя при подаче воздушного потока в верхнюю, среднюю и нижнюю части стебля. Стебли исследованных зерновых культур имеют относительные близкие характеристики. Высота растений тритикале выше, чем ячменя и тритикале, также и наклон колоса несколько больше. Однако средние показатели массы стебля с колосом больше у стеблей пшеницы. Длина колоса изменяется в более широких пределах от 45 до 103 мм. Характерным также является расположение центра тяжести стебля в пределах 0,568–0,841 относительно корневой шейки. В опытах применялись воздушные жиклеры диаметром 2, 4 и 6 мм. Рекомендуется использовать воздушный поток с начальной скоростью около 10 м/с при его направленности в нижнюю часть стебля. Более высокую эффективность воздействия обеспечивает подача воздушного потока в нижнюю треть стебля от жиклера диаметром 2 мм, особенно при удалении от исходного положения оси до 500 мм. При этом целесообразно предусмотреть минимальное расстояние от выходного отверстия жиклера до исходного положения срезаемых стеблей.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, воздушный поток, параметры стеблей.

Application of pneumatic devices in a design of combine harvesters is an important reserve of increase of technological possibilities of carrying out of cleaning with reduction of losses of a crop. At work the given devices are capable to provide steady giving of the cleaned vegetative weight leading to increase of productivity of a combine. Giving of an additional air stream on various height of the cleaned stalks is possible. Various devices for realisation of a supply of stalks of cleaned grain crops on a platform of a harvester with use of mechanical and pneumatic devices are offered. The developed technique of research of action of an air stream on stalks of cleaned plants is intended for a choice of parameters of the pneumatic device of a harvester of a combine harvester. Researches with definition of a deviation of typical stalks of wheat, triticale and barley are conducted at giving of an air stream in the top, average and bottom parts of a stalk. Stalks of the investigated grain crops have relative close characteristics. Height of plants of triticale above, than barley and triticale as well the inclination of an ear is slightly more. However average indexes of weight of a stalk with an ear it is more at wheat stalks. The length of an ear changes in wider limits from 45 to 103 mm. Characteristic the arrangement of the centre of gravity of a stalk within 0,568-0,841 concerning a root neck also is. In experiences air jets in diameter 2, 4 and 6 mm were applied. It is recommended to use an air stream with initial speed about 10 km/s at its orientation in the bottom part of a stalk. Higher efficiency of influence giving of an air stream in the bottom third of stalk of a jet in diameter provides of 2 mm, especially at removal from a starting position of an axis to 500 mm. Thus it is expedient to provide the minimum distance from an exhaust outlet of a jet to a starting position of cut off stalks.

Key words: a combine harvester, an air stream, parameters of stalks.

Введение

Рабочий процесс зерноуборочного комбайна складывается из многих взаимосвязанных составляющих. Ответственным этапом является работа жатки, которая обеспечивает срезание убираемых растений и их подачу на дальнейшую обработку. Важную роль при этом играет мотовило, от устойчивой и надежной работы которого зависит производительность комбайна и качество уборки (потери зерна). Известное планчатое мотовило имеет низкий к.п.д и допускает механическое воздействие на растения, сопровождающееся вымолотом и потерями зерна [1, 2, 3]. Часто наблюдается скапливание растительной массы перед режущим аппаратом, а также многократное перерезание стеблей. Все это вызывает потери урожая и снижает производительность комбайна [4, 5]. Для устранения указанных недостатков предлагается использовать воздушный поток для подачи стеблей на платформу жатки. При этом необходимо учитывать степень отклонения стеблей под воздействием направленного воздушного потока.

Основная часть

Многие исследователи предпринимали попытки улучшить подъем и транспортировку полеглой растительной массы за счет применения пневматических устройств различного типа [6–17]. Действие пневматических стеблеподъемников и мотовил основано на слиянии отдельных воздушных струй в единый плоский поток, образующий силовое аэродинамическое поле по всей ширине жатки. Изменением мощности поля можно поднять растительную массу на необходимую высоту. В случае использования пневматических устройств, заменяющих мотовило, воздушный поток подается через длинную узкую щель, и необходимо создать равномерное распределение воздуха по всей ширине жатки. При создании же плоского воздушного потока от пневматических стеблеподъемников в первую очередь необходимо решить вопрос введения этого потока под растительную массу. Применение сплошной узкой щели в данном случае невозможно, поэтому плоский поток предлагается создавать из отдельных воздушных струй, выходящих через отверстия пневматических стеблеподъемников, введенных в стеблестой.

Одним из представителей этой группы устройств является пневматический стеблеподъемник, предложенный В. Я. Базовым и С. И. Рустамовым [9]. Передний ряд сопел стеблеподъемников имеет вертикальную ориентацию отверстий, а задний – ориентацию осей выходных отверстий под острым углом к горизонту, направленную в сторону, противоположную движению машины. Выходное отверстие сопла щелевидное, форма факела его воздушного потока – плоский веер, угол раствора факела определяется расчетом и зависит в основном от расстояния между стеблеотводами, величины давления воздуха, густоты стеблестоя, а также других факторов и параметров.

Применение пневматических рабочих органов для подъема полеглой массы предполагает установку на уборочный агрегат дополнительного оборудования (компрессора, ресивера, воздухопроводов и др.), которое требует соответствующего обслуживания и контроля. В данных случаях ставится под сомнение возможность удовлетворительной работы стеблеподъемников при встрече с препятствием (возвышенности рельефа поля, посторонние объекты), поскольку наряду с увеличением прочности тела стеблеподъемника, в случае жесткого крепления к режущему аппарату, увеличивается воздействие на поверхность почвы, что может привести к зарыванию и захвату земли. В случае применения пневматических стеблеподъемников характерно повышение загрязненности поднимаемой растительной массы. При попадании на пути движения ям, выбоин в рельефе, происходит «всплытие» стеблеподъемника на поверхность полеглой растительной массы и её подминание с потерями зерна.

Н. С. Юровым, Н. В. Агарковым предложено приспособление «Ахтуба» для уборки полеглых растений, которое получило некоторую независимость от положения режущего аппарата [10]. Приспособление к жатке для уборки полеглых культур содержит закрепленные на пальцах режущего аппарата качающиеся подпружиненные телескопические штанги, на конце каждой из которых установлен жесткий носок стеблеподъемника, и с целью повышения надежности работы носок стеблеподъемника установлен на конце штанги посредством эластичного элемента. Перед работой регулировочным винтом приспособление настраивается на заданную высоту подъема полеглых стеблей в соответствии с конкретным рельефом почвы. При работе жатки носки под весом приспособления постоянно стремятся к контакту с почвой, входят в пласт полеглой массы и приподнимают ее по стеблеподъемникам в сторону платформы жатки. Поднятые по стеблеподъемнику за счет движения жатки стебли срезаются пальцевым режущим аппаратом.

Еще большую независимость от положения режущего аппарата получил стеблеподъемник с активной подачей растительной массы на платформу жатки, предложенный А. А. Мирошниковым и А. М. Кочуговым [11]. Для копирования рельефа поля и исключения потерь несрезанными стеблями стеблеподъемник, поворачиваясь во втулках кронштейна, пружиной непрерывно поджимается к почве, тем самым исключается отрыв носка от поверхности поля. Для предотвращения попадания растительной массы между цепью и звездочками цепь закрыта сверху защитным кожухом.

Стеблеподъемник, с целью обеспечения копирования им рельефа поля независимо от колебаний режущего аппарата, шарнирно закреплен на пальцевом бруске жатки.

Пневматическое мотовило [17] содержит установленные на жатке две полые штанги с отверстиями на их образующих. На верхней полый штанге отверстия выполнены под острым углом к вертикали по направлению движения машины в третьем квадранте поперечного сечения. На нижней полый штанге отверстия расположены под острым углом к горизонту по направлению движения машины в четвертом квадранте поперечного сечения. Со стороны подачи воздуха в каждой полый штанге установлены воздухораспределительные шайбы с воздушными каналами Z-образной формы. Из отверстий верхней штанги воздух направляется на стебли скашиваемой культуры по всей ширине жатки и наклоняет стебли к режущему аппарату. Если на пути жатки встречаются спутанные или полеглые стебли, то через отверстия нижней штанги подается воздух для подъема полеглых стеблей и подачи их на режущий аппарат. За счет потока воздуха из отверстий верхней и нижней штанг обеспечивается надежная подача стеблей убираемой культуры к режущему аппарату.

Для определения параметров процесса были проведены экспериментальные исследования с определением отклонения стеблей при воздействии на них воздушного потока с различными вариантами направленности и расстояния. На брус установки с вмонтированным перпендикулярно в него кронштейном были установлены две круглые пластины, между которыми подвешивали исследуемый стебель зерновой культуры. На одной из пластин устанавливалась шкала для измерения угла, на который отклонится стебель под действием воздушного потока (рис. 1).

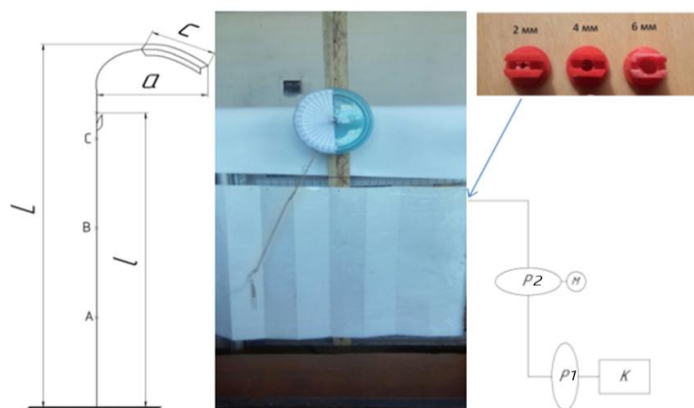


Рис. 1. Установка для исследования параметров отклонения стеблей под воздействием воздушного потока

Для создания воздушного потока использовали компрессор «К» с ресивером «Р₁», к которому подсоединяли шланг, на другом конце которого был установлен дополнительный ресивер «Р₂» для стабилизации давления с контрольным манометром «М», и на выходе размещался воздушный жиклер. Во время испытаний попеременно применяли жиклеры с диаметром отверстий 2, 4 и 6 мм (рис. 1).

Анализ общего состояния растений основных зерновых культур к периоду проведения уборочных работ позволил выделить основные закономерности, заключающиеся в закруглении верхней части стебля и наклонном расположении колоса. Анализ имеющихся данных позволил заключить, что стебли исследованных зерновых культур имеют относительные близкие характеристики. Высота растений тритикале выше, чем ячменя и тритикале, также и наклон колоса несколько больше. Однако средние показатели массы стебля с колосом больше у стеблей пшеницы. Длина колоса изменяется в более широких пределах от 45 до 103 мм. Характерным также является расположение центра тяжести стебля в пределах 0,568–0,841 относительно корневой шейки.

Полученные данные позволяют создать осредненную модель типичного растения убираемых зерновых культур. Основными параметрами стеблей такого растения являются: общая высота – 710–825 мм; расстояние от почвы до центра тяжести – 511–644 мм; отклонение верхушки колоса от линии стебля – 47–86 мм; прогиб (наклон) верхушки колоса – 39–44 мм; радиус изгиба верхней части стебля с колосом – 37–55 мм; масса

стебля с колосом – 2,1–3,4 г; относительное расположение центра тяжести стебля с колосом – 0,72–0,78.

Указанные параметры могут быть учтены и использованы при технологических расчетах и обоснованиях процесса подачи убираемой растительной массы при работе зерноуборочного комбайна.

Для экспериментального анализа выбраны растения пшеницы, ячменя и тритикале, как наиболее типичные и полно характеризующие спектр возделываемых зерновых культур (рис. 2). Параметры отобранных для исследования растений в период полного созревания следующие: пшеница (длина стебля 790 мм, масса 3,21 г); тритикале (длина стебля 710 мм, масса 2,19 г); ячмень (длина стебля 625 мм, масса 2,06 г).

Для проведения опытов стебель условно разделили на 3 равные зоны (рис. 1): А – нижняя часть от почвы; В – средняя часть стебля; С – верхняя зона, ближайшая к колосу.

Центр каждой зоны отмечали маркером на стебле, и в эту точку направляли воздушный поток. На определенном расстоянии от оси устанавливали форсунку с известным диаметром выходного отверстия жиклера. Фиксировали угол отклонения стебля по шкале, размещенной на пластине (рис. 1). Повторяли опыт, изменяя диаметр жиклера и расстояние (100, 200, 300, 400, 500, 600 мм) от исходной оси стебля до плоскости выходного отверстия. Также параллельно измеряли скорость воздушного потока с помощью анемометра.

В процессе исследований на выходе из жиклера получали воздушный поток, воздействующий на стебли. Анемометром замеряли скорость воздушного потока при различных вариантах опытов (таблица). Скорость воздушного потока уменьшается с удалением от стебля и при увеличении диаметра жиклера.

Полученные данные по наклону стебля имеют сходные закономерности для всех трех культур. С удалением от воздушного жиклера угол поворота стебля уменьшается. Некоторое влияние оказывает также размер отверстия жиклера и направление воздушной струи.

Таблица 1. Скорость воздушного потока по вариантам исследований

Расстояние от жиклера до исходного положения стебля, мм	Диаметр жиклера, мм	Скорость воздушного потока в разных зонах стебля, м/с		
		Зона А	Зона В	Зона С
100	2	10	4	3
	4	7	2,5	2
	6	5	3	1
200	2	5	3	2
	4	3,5	3	1,5
	6	4	3	2
300	2	4	3,5	2
	4	4	3,5	2,5
	6	3	2	1,5
400	2	7	5	3
	4	5	4,5	3
	6	4	3,5	2,5
500	2	4,5	3,5	2
	4	4	3	2
	6	4	2,5	1,5
600	2	3,5	3	2,5
	4	3,5	3	2,5
	6	3	2	1,5

Для стебля пшеницы при подаче воздуха в зону «А» с удалением от исходной оси угол поворота снижется с 40 до 5 градусов. Для зоны «В» это снижение составляет от 20 до 5 градусов, а для зоны «С» – от 15 до 4 градусов. При подаче воздуха в зоны «А» и «С» влияние диаметра выходного отверстия жиклера проявляется менее заметно, чем при подаче в зону «В». Для исследованных вариантов жиклеров при направлении воздушного потока в соответствующие зоны получены средние значения угла поворота стебля (рис. 2,а).

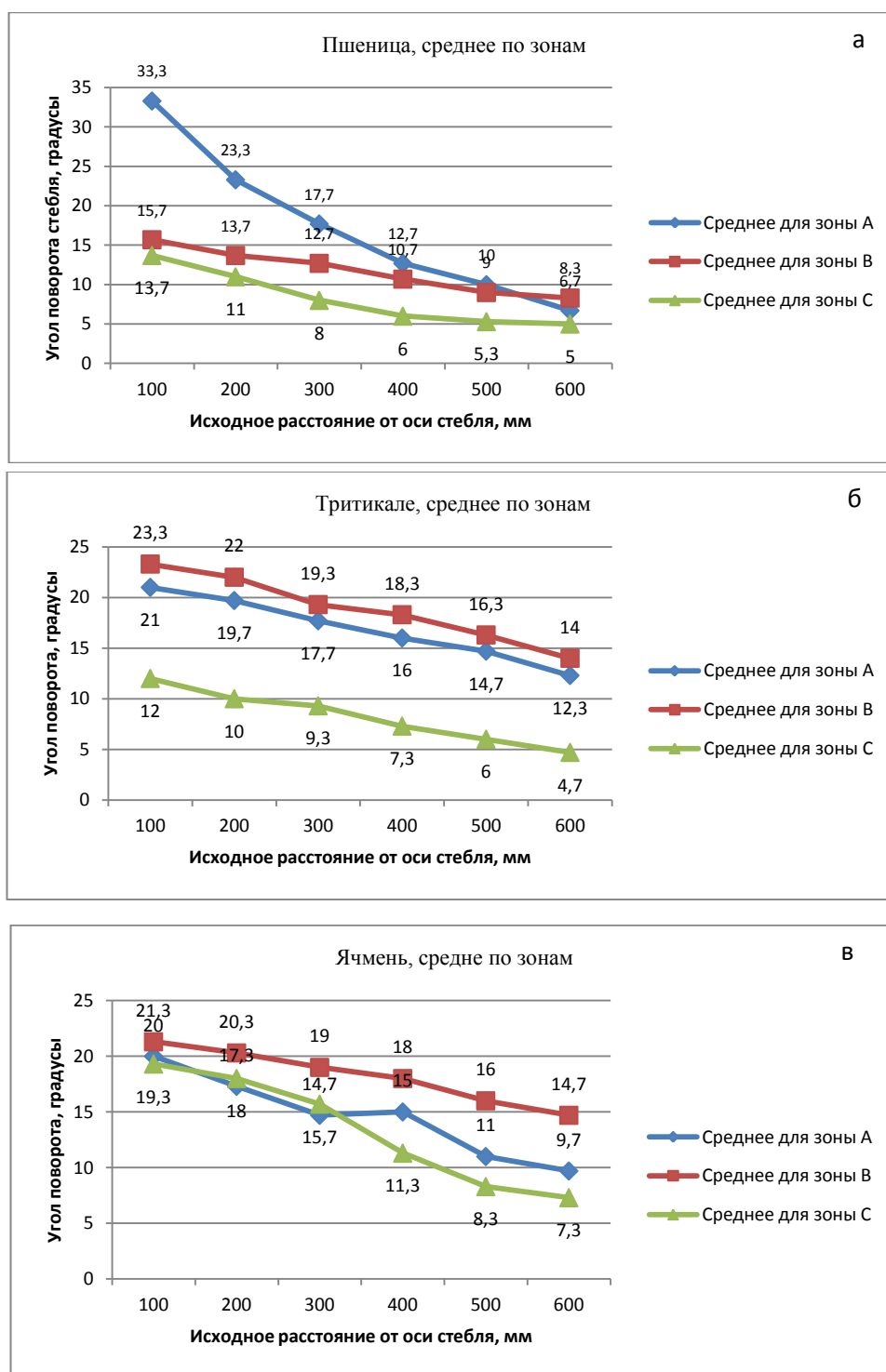


Рис. 2. Изменение угла поворота исследуемых стеблей с удалением от исходного положения оси

В соответствии с полученными данными, для эффективного воздействия на стебель пшеницы целесообразна подача воздуха в зону «А» при минимальном расстоянии от исходного положения до оси стебля. При удалении на 600 мм эффективность сравниваемых вариантов теряется, и угол поворота снижается до 5,0–8,3 градуса.

Для стеблей тритикале при подаче воздушного потока в зоны «А» и «В» с удалением от исходного положения стебля от 100 до 600 мм угол отклонения уменьшается от 20–25 градусов до 10–15 градусов. При подаче воздушного потока в зону «С» снижение составляет от 14 до 4 градусов. Осредненные результаты приведены на рис. 2, б.

Для тритикале достаточно эффективное воздействие на стебли может быть обеспечено при действии воздушного потока в направлении зон «А» и «В». При этом сохраняется эффективность воздействия и при удалении от исходного положения оси стебля.

В опытах со стеблем ячменя была установлена более высокая эффективность использования жиклера с диаметром отверстия 2 мм, особенно на более близких расстояниях. Осредненные данные (рис. 2, в) показывают большую эффективность воздействия при подаче воздушного потока в зону «В». Низкорослые стебли ячменя можно более эффективно наклонить и при удалении жиклера от исходного положения стебля данной культуры.

Дополним проведенные сравнения результатами осредненных результатам по всем трем исследованным культурам (рис. 3).

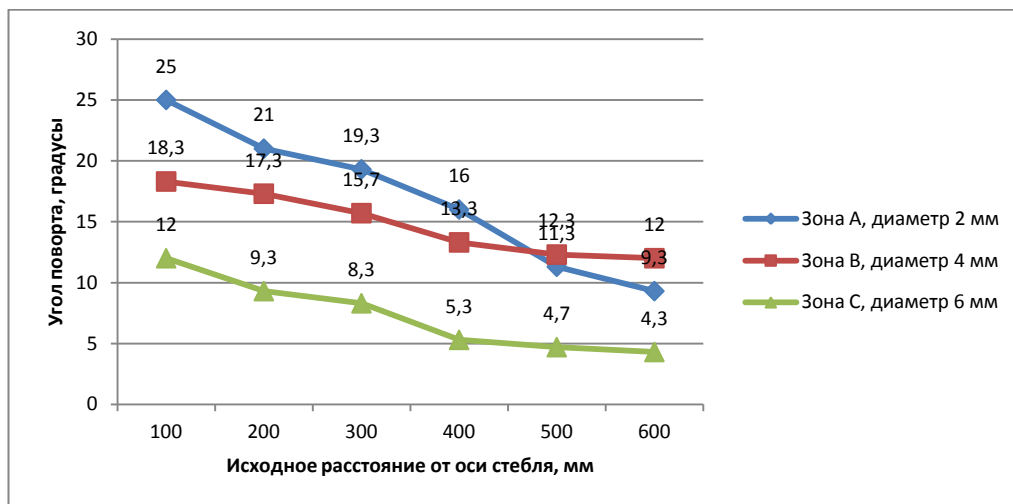


Рис. 3. Изменения среднего угла отклонения стеблей пшеницы, тритикале и ячменя при различных вариантах воздействия воздушным потоком

Эти данные показывают более высокую эффективность подачи воздушного потока в нижнюю треть стебля «А» от жиклера диаметром 2 мм, особенно при удалении от исходного положения оси до 500 мм.

Заключение

Задача повышения эффективности подачи растительной массы на платформу жатки зерноуборочного комбайна может быть успешно решена при использовании направленного воздушного потока. Для типичных параметров стеблей пшеницы, тритикале и ячменя следует использовать воздушный поток с начальной скоростью до 10 м/с при диаметре жиклера 2 мм и направленности воздуха в нижнюю часть стебля (зоны «А» и «В»). При этом целесообразно предусмотреть минимальное расстояние от выходного отверстия жиклера до исходного положения срезаемых стеблей. Эти исходные данные следует учесть при выборе конструкции воздухоподающего устройства и соответствующих его параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жалнин, Э. В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов / Э. В. Жалнин. – М.: ВИМ, 2001. – 105 с.
2. Клочков, А. В. Зерноуборочные комбайны: этапы совершенствования, современное состояние, перспективы развития: монография / А. В. Клочков, А. А. Дюжев, В. В. Гусаров; под ред. А. В. Клочкова. – Горки, 2012. – 182 с.
3. Василенко, И. Ф. Зерновые комбайны СССР и зарубежных стран. Теория и анализ конструкций / И. Ф. Василенко, Н. Е. Авдеев. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 286 с.
4. Клочков, А. В. Предотвращение потерь зерна при уборке: рекомендации / А. В. Клочков, В. В. Гусаров, В. Ф. Ковалевский. – Горки: БГСХА, 2015. – 108 с.
5. Клочков, А. Особенности уборки полеглих зерновых и зернобобовых культур / А. Клочков, В. Гусаров, Р. Богатырев // Белорусское сельское хозяйство. – № 7 (195). – 2018. – С. 88–91.
6. Стеблеподъемники Шумахер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hermes-rostov.com/kategoriya-kataloga-schumacher-systema-steblepodemniki.php> – Дата доступа: 13.12.2016.
7. А. с. 1782427 СССР, А 01 D 65/00. Стеблеподъемник уборочной машины / И.Ф. Еременко, В.К. Воробьев (СССР). – № 4825719/15; заявл. 09.04.90; опубл. 23.12.92, Бюл. № 47. – 3 с.
8. А. с. 1440413 СССР, А 01 D 65/02. Стеблеподъемник уборочной машины / В. В. Бетлий, И. А. Валигура, М. Д. Галенко (СССР). – № 4164108/30-15; заявл. 19.12.1986; опубл. 30.11.1988, Бюл. № 44 – 2 с.
9. А. с. 538688 СССР, А 01D 65/02. Стеблеподъемник к жатвенным машинам / В. Я. Базовой, С. И. Рустамов и Ю. П. Базовая (СССР). – № 2068388/15; заявл. 18.10.74; опубл. 15.12.76, Бюл. № Ке 46 – 3 с.

10. А. с. 1163813 СССР, А 01 D 65/00. Приспособление «Ахтуба» к жатке для уборки полеглых культур / Н. С. Юров, Н. Б. Агарков и П. Я. Жестков (СССР). – № 3556464/30-15; заявл. 24.02.83; опубл. 30.06.85, Бюл. № Р 24 – 2 с.
11. А. с. 501708 СССР, А 01 D 65/00. Стеблеподъемник / А. А. Мирошников и А. М. Кочугов (СССР). – № 1988690/30-15; заявл. 22.01.74; опубл. 05.02.76, Бюл. № 5 – 2 с.
12. Пат. № 2206975 Россия, А01D65/02. Стеблеподъемник / П. Ф. Трофимов, Э. М. Квашнин, А. А. Максимов. – № 2001121632/13; Заяв. 01.08.2001; опубл. 27.06.2003 – 3 с.
13. Пат. № 2045883 Россия, МПК А 01 D 65/02. Стеблеподъемник / Н. И. Кузнецов, В. А. Тащилин. – № 92007742/15; Заяв. 24.11.1992; Опубл. 20.10.1995 – 2 с.
14. Пат. № 87320 Россия, МПК А 01 D 65/02. Стеблеподъемник / К. З. Кухмазов, А. Н. Антипкин. – № 2009126200; Заяв. 08.07.2009; Опубл. 10.10.2009. – 3 с.
15. Авторское свидетельство СССР 1440413, МПК А 01 D 65/02, Стеблеподъемник уборочной машины / Еременко, В.К. Воробьев, А.Ф. Тиньков, В.А. Луговский и В.М. Выликов ; Заяв. 09.04.90; Опубл. 23.01.93. Бюл. М 3 – 2 с.
16. Патент Республики Беларусь на полезную модель № 4610 «Стеблеподъемник», М.КЛ А01D 65/00, заявлено 29.01.2008, опубл. 02.06.2008.
17. Пат. № 2274999 Россия, МПК А 01 D 57/10. Пневматическое мотовило / М. А. Новиков, Л. Н. Бурков, Е. И. Давидсон, МПК, Заяв. 24.08.2004; Опубл. 27.04.2006. – 3 с.