



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕБЛЯ РАСТЕНИЯ С АБРАЗИВНЫМ ДИСКОМ

В.А. Николаев

д.т.н., доцент кафедры механизации сельскохозяйственного производства ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»

*Зерноуборочный комбайн, режущее устройство с абразивным диском, прорезь в брусе, нормальная реакция абразивного диска, сила трения между абразивным диском и стеблем*

*The grain combine, the cutting device with an abrasive disk, a slot in a bar, normal reaction of an abrasive disk, a frictional force between an abrasive disk and a stalk*

В последние годы получила большое распространение идея разделения на корню зерна и соломы при уборке зерновых культур. Существуют два варианта реализации этой идеи: очёс зерна из колосьев [1, 2] и срезание верхних частей растений с последующим их обмолом. В ходе разработки нового варианта зерноуборочного комбайна [3] с жаткой, срезающей только верхние части растений, необходимо было проверить целесообразность применения режущих устройств с абразивными дисками (рис. 1).

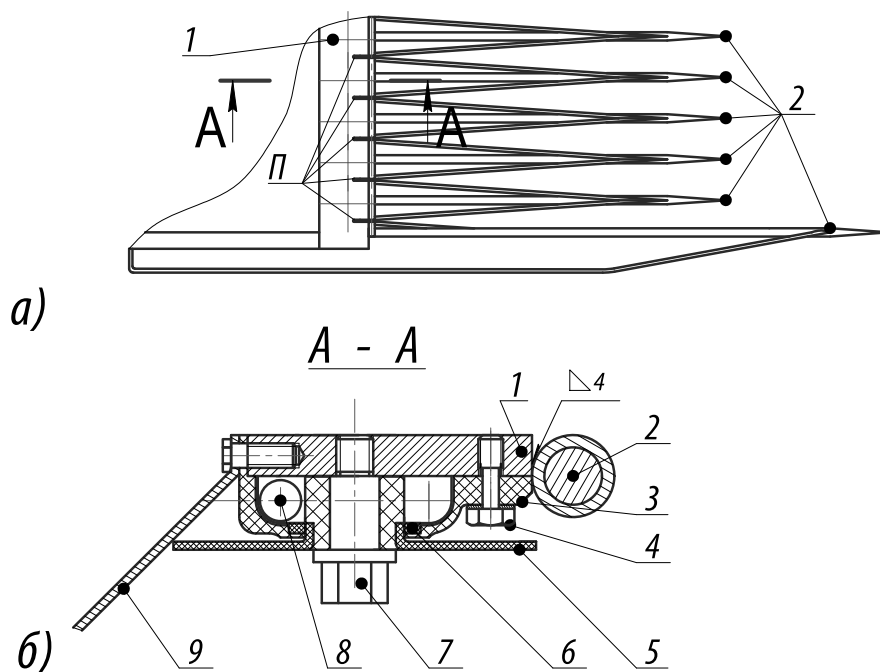


Рисунок 1 – Схема жатки с режущими устройствами, оснащёнными абразивными дисками: а) фрагмент жатки (без мотовила), вид сверху; б) сечение А – А: 1 – брус; 2 – делитель; 3 – кожух; 4 – болт; 5 – абразивный диск; 6 – уплотнение; 7 – ось; 8 – крыльчатка; 9 – задняя стенка; П – прорези в брусе

К брусу 1 с прорезями П приварены втулки, в которые вставлены делители 2. С другой стороны к брусу прикреплена задняя стенка 9, а снизу – болтами 4 кожух 3 режущих устройств. Внутри кожуха находятся крыльчатки 8 с напрессованными абразивными дисками 5. Крыльчатки установлены на осях 7. В отверстиях кожуха имеются уплотнения 6. Делители раздвигают стебли растений, и стебли по прорезям в брусе поступают к абразивным дискам. Абразивные диски диаметром 98 мм и толщиной 1 мм выполнены из карбида кремния, армированного углеродным волокном. На крыльчатки воздействует поток воздуха от компрессора комбайна. Крыльчатки приводят во вращение абразивные диски, которые отрезают верхние части растений. Рассмотрим три варианта расположения прорези в брусе относительно оси абразивного диска (рис. 2).

Если прорезь будет располагаться левее оси абразивного диска (рис. 2, а), то произойдёт выталкивание стебля из зоны резания. Вариант, представленный на рисунке 2, б, сложен в изготовлении. Более раци-

онален вариант, показанный на рисунке 2, в, так как вращающийся абразивный диск, благодаря силе трения, удержит стебель растения в прорези до полного его перерезания. Ширина прорези в брусе должна быть достаточной для прохода верхней части стебля растения, но такой, чтобы происходило одновременное резание не более трёх стеблей для уменьшения необходимого для привода вращающего момента. Геометрические параметры элементов режущего устройства определены из конструктивной компоновки при условии расстояния между делителями 0,1 м. Путь резания – расстояние, которое проходит комбайн от момента касания стеблем абразивного диска до момента его полного перерезания, составил 5,5 мм.

Силы, воздействующие на стебель растения:  $N_a$  – нормальная реакция абразивного диска;  $N_b$  – нормальная реакция бруса;  $F_{T_{a-c}}$  – сила трения между абразивным диском и стеблем;  $F_{T_{c-b}}$  – сила трения между стеблем и брусом;  $F_{n_m}$  – сила воздействия на стебель планки мотовила;  $F_n$  – сила, создаваемая подпором других стеблей. Предел-

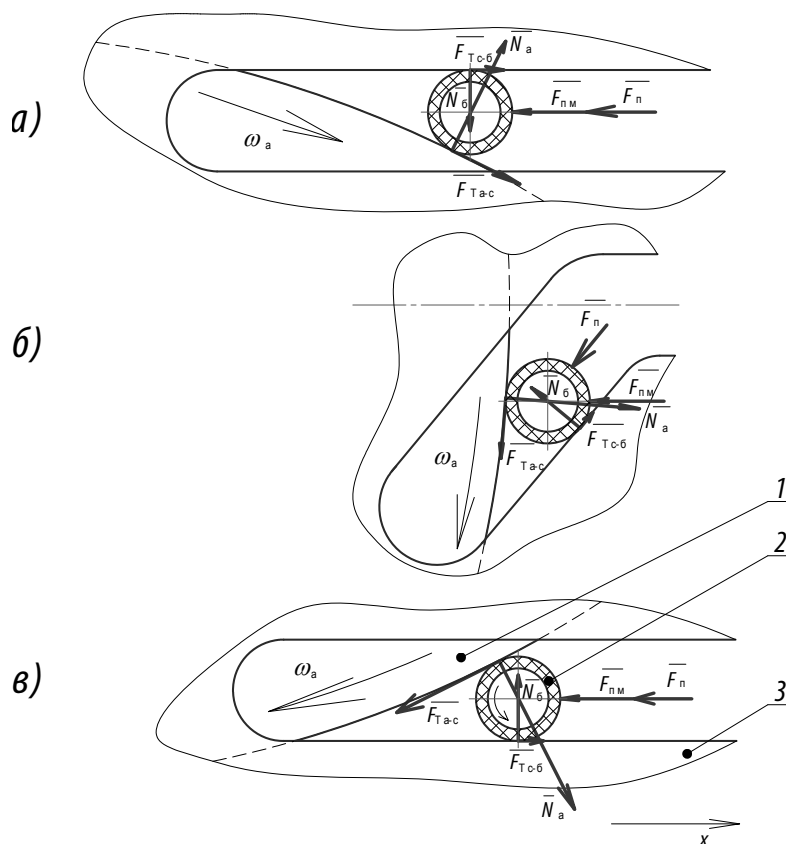
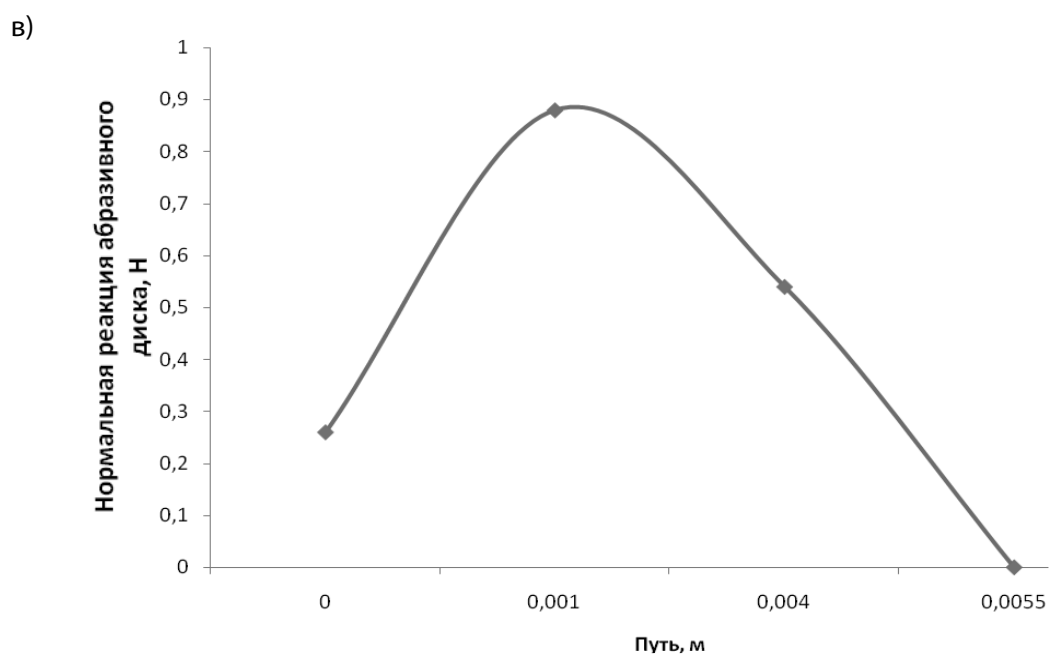
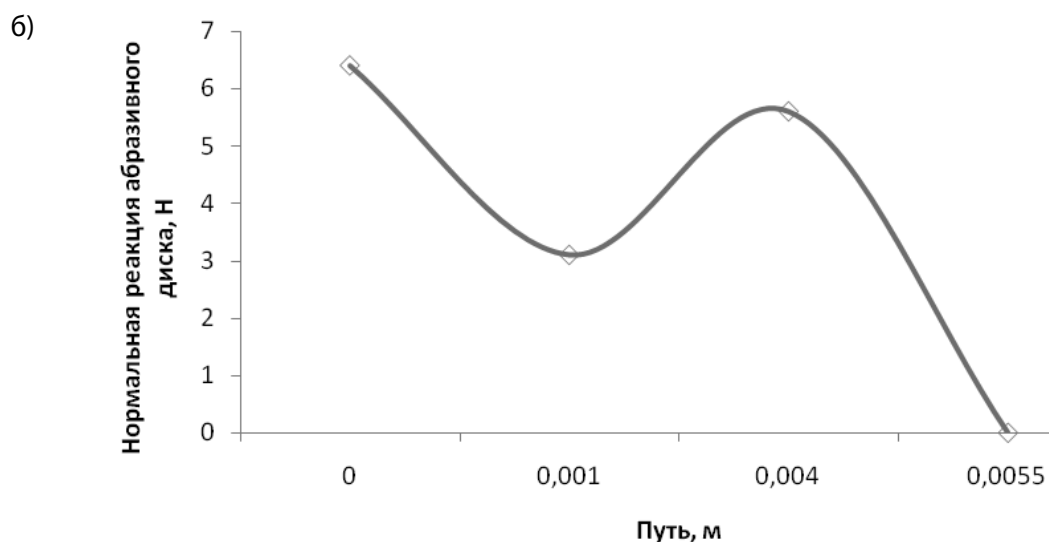
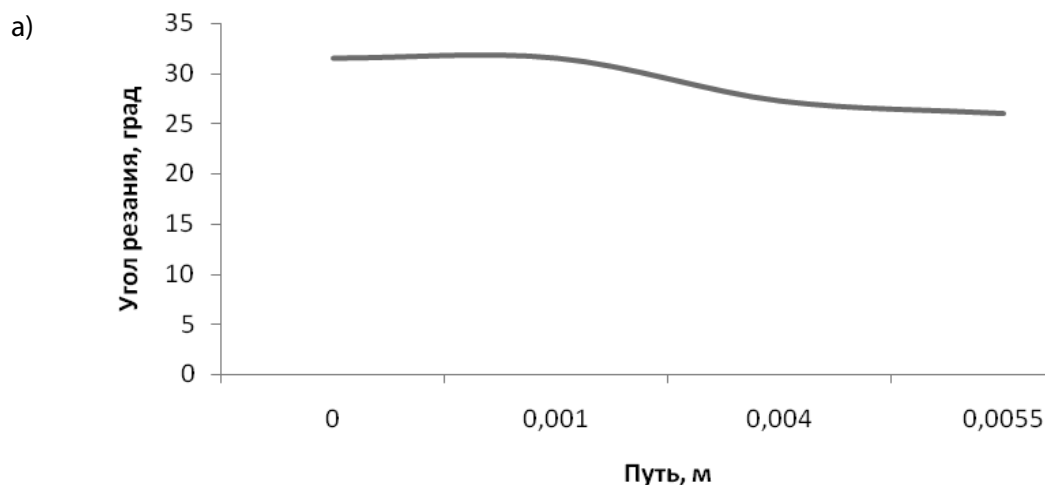


Рисунок 2 – Варианты расположения прорези в брусе, вид сверху:  
 а) – прорезь располагается (по ходу комбайна) левее оси абразивного диска;  
 б) – ось прорези совпадает с осью абразивного диска; в) – прорезь располагается правее оси абразивного диска; 1 – абразивный диск, 2 – стебель, 3 – брус



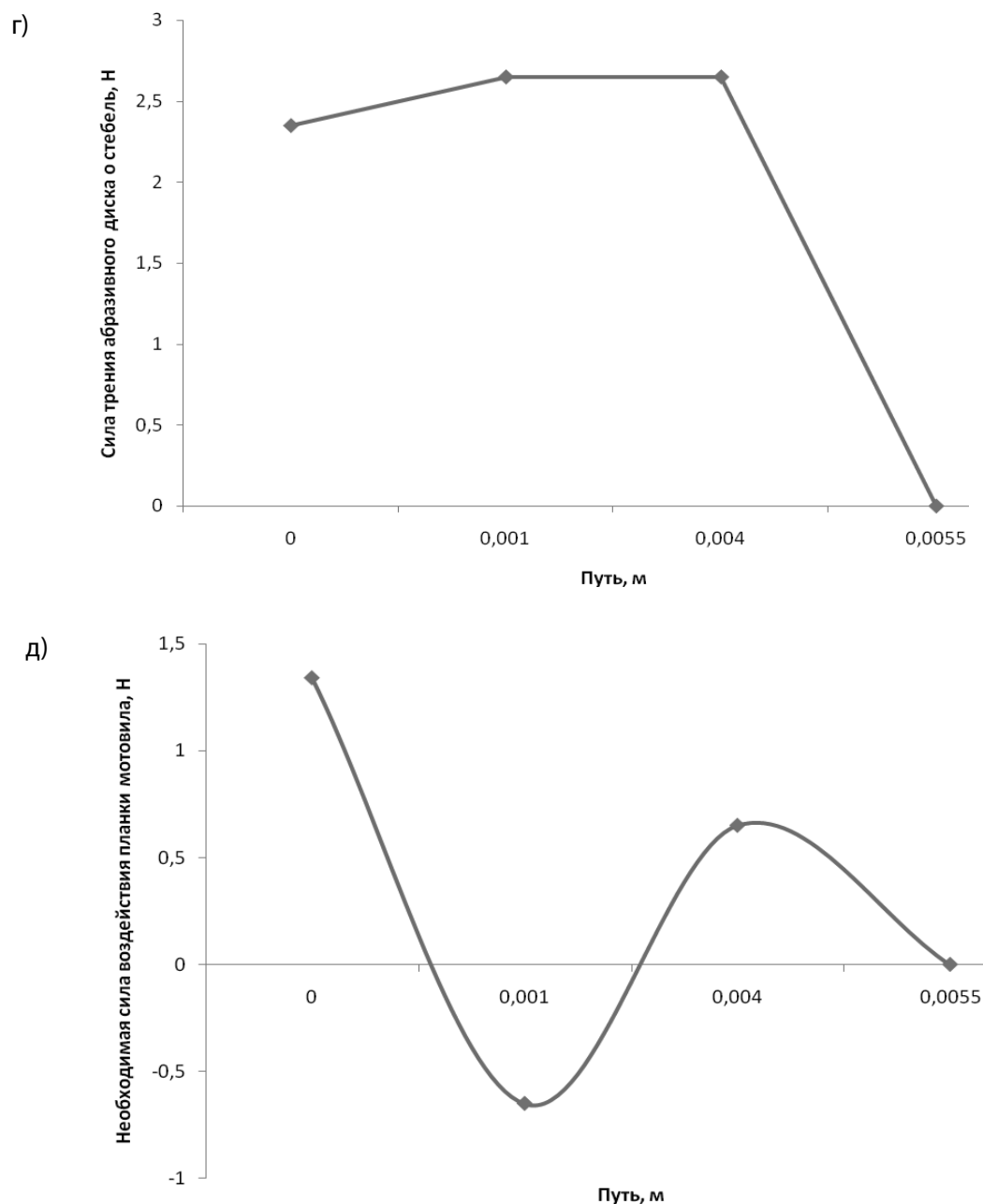


Рисунок 3 – Теоретическая зависимость от пути, проходимом комбайном при резании, угла между кромкой прорези и касательной к абразивному диску (а), нормальной реакции абразивного диска при резании стебля ржи (б), нормальной реакции бруса (в), необходимой силы воздействия планки мотовила на стебель (г), силы трения абразивного диска о стебель при резании стебля ржи (д)

ную нормальную реакцию абразивного диска на воздействие стебля в начале резания определили опытным путём, увеличивая нагрузку со стороны не вращающегося абразивного диска на стебель до появления его деформации. Предельную нормальную реакцию абразивного диска на воздействие стебля в середине резания и в конце резания определяли аналогично, сначала разрезав стебель вдоль пополам, затем на четыре части.

Для определения коэффициента трения абразивного диска по стеблю растения проведены две серии опытов. В первой серии абразивный диск определённой силы тяжести протягивали горизонтальным усилием по наружным поверхностям стеблей. Во второй серии абразивный диск перемещали по внутренним поверхностям стеблей. Фиксировали усилие трогания абразивного диска с места и усилие при установившемся

движении. По соотношениям усилия, приложенного к абразивному диску, и его силы тяжести определяли коэффициент трения покоя и коэффициент трения скольжения. Установлено, что коэффициент трения покоя абразивного диска по наружной поверхности стебля ржи 0,45, а по внутренней поверхности 0,55; коэффициент трения скольжения абразивного диска по наружной поверхности стебля ржи 0,42, а по внутренней поверхности 0,47. Силу воздействия на стебель планки мотовила вычислили, спроецировав силы (рис. 2, в) на ось  $x$ . На рисунке 3 показаны теоретические зависимости некоторых параметров резания стебля ржи от пути, пройденного комбайном при резании.

Полученные теоретические зависимости способствуют пониманию особенностей процесса отрезания верхних частей растений абразивным диском. Так, угол между кромкой прорези и касательной к абразивному диску в ходе резания изменяется незначительно. Это является важным фактором обеспечения стабильности резания как отдельного стебля, так и двух или трёх стеблей одновременно.

Рассматривая зависимости 3, б и 3, в совместно, видно, что в начале резания абразивный диск толкает стебель на кромку прорези. При этом нормальная реакция бруса увеличивается до максимума, а нормальная реакция абразивного диска одновременно уменьшается. Когда абразивный диск врежется в стебель, постепенно наступает равновесие нормальной реакции абразивного диска и нормальной реакции бруса. В заключительной стадии резания обе силы пропорционально уменьшаются.

В начале резания абразивный диск затягивает стебель в прорезь. При этом сила воздействия планки мотовила на стебель (рис. 3, г) уменьшается и даже становится отрицательной, то есть воздействия мотовила на верхнюю часть растения не требуется. В дальнейшем планка мотовила лишь сопровождает верхнюю часть растения, воздействуя на неё с незначительной силой.

Стебель в сечении представляет трубку. В начальный период резания (рис. 3, д) сила трения абразивного диска о стебель несколько увеличивается до того момента, когда абразивный диск прорежет насквозь трубку стебля. Затем при резании стенок трубки стебля сила трения абразивного диска о стебель постоянна, так как стебель от воздействия абразивного диска скручивается против часовой стрелки (см. рис. 2, в), и происходит преимущественно резание стенки трубки стебля с одной стороны. В конце резания за счёт упругости стебель возвращается в естественное положение, вращаясь в зоне резания по часовой стрелке. При этом сила трения абразивного диска о стебель резко уменьшается.

### **Выводы**

Полученные зависимости параметров взаимодействия стебля растения с абразивным диском являются основой для понимания процесса резания им растений и расчёта элементов, используемых в конструкции жатки зерноуборочного комбайна [3], в частности: устройств среза верхних частей растений (нормальная реакция абразивного диска) и силы трения абразивного диска о стебель; мотовила – силы воздействия планки мотовила на стебель.

### **Литература**

1. Клёнин, Н.И. Обоснование параметров устройства для двухстороннего очёса растений [Текст]: сб. науч. тр. / Н.И. Клёнин – М., 1995. – С. 41-46.
2. Трубилин, Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкция, теория, расчёт). [Текст]: учебное пособие / Е.И. Трубилин, В.А. Абликов. – 2 изд., перераб. и доп. – Казань: Изд. КГАУ, 2010. – 325 с.
3. Патент РФ №2486737. Зерноуборочный комбайн [Текст] / Николаев В.А. – № 2011139738; заявл. 29.09.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. №19. – 15 с.