

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ОЧЕРЕДЕЙ К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ КОЛОСОУБОРОЧНОЙ ЖАТКИ.

### APPLICATION OF QUEUEING THEORY TO THE STUDY OF THE PARAMETERS OF HEADER-STRIPPER

проф., докт. инж. Джембуршин А.Ш., проф. докт. инж. Атыханов А.К., [E-mail-alimjam156@yandex.ru](mailto:E-mail-alimjam156@yandex.ru)

*In this paper report covers the research issues of stripper header harvesting wheat in Kazakhstan. This method allows to leave the stems in the field to protect soil from wind erosion and accumulate the moisture in the winter. We have carried out laboratory and field tests which had demonstrated that this method is going to allow to obtain crop during the driest year and reduce the losses of yield.*

В основных зернопроизводящих странах (США, Канада, Россия, Аргентина и Казахстан) все больше посевных площадей обрабатывается по no-till технологиям. Такая технология является энергосберегающей, позволяет накапливать зимне-весеннюю влагу, а самое главное, сохранять почву от ветровой эрозии. Эта технология наиболее эффективна, если на поле оставлять высокую стерню в процессе уборки зерна. Для этого потребуются специальная жатка, очесывающая колосья и оставляющая стоячую стерню в поле. Уборка только колосовой части урожая существенно улучшает работу комбайна-снижает мощность на обмолот и потери за молотильно-сепарирующим агрегатом.

Традиционно-сложившиеся способы уборки зерновых основываются на принципиально порочной идее одновременной уборки колосовой и стеблевой массы, которые в процессе обмолота интенсивно перемешиваются. В результате имеем парадоксальную систему уборки и обмолота-вначале сами смешиваем, затем затрачиваем колоссальные усилия на отделения одной части урожая от другой, теряя при этом не только энергию, но и зерно. Для отделения зерна от соломы и половы требуются специальные механизмы-сепарирующие органы, размеры которых зависят от солоmistости поступающей массы, примерно  $1\text{ м}^2$  поверхности соломотряса для пропускной способности  $1\text{ кг/сек}$ .

Таким образом мы можем повысить производительность комбайна, даже уменьшив поверхность соломотряса, исключив попадание соломы в комбайн. Каким образом? По нашим исследованиям при уменьшении длины соломин с колосом от 60 до 20 см. величина отношения массы зерна к массе соломы изменяется соответственно от 1: 2,5 до 1: 0,5 в результате чего производительность комбайна возрастает в 1- 2,3 раза. Помимо производительности, уменьшение солоmistости обмолачиваемой массы является основным фактором снижения мощности, потребляемой барабаном молотилки. Увеличение энергии при обмолоте более длинных стеблей объясняется дополнительным расщеплением, разрывом, упругой и пластической деформациями, а также возросшими силами трения обмолачиваемой массы растений о рабочие органы барабана и деки, частиц солоmistого вороха между собой. Кроме того здесь следует учитывать дополнительный расход энергии на удар, на преодоление сил инерции количественно возросшей массы и на сообщение кинетической энергии продукта обмолота. Наши исследования показали, что потребная мощность комбайна снижается в 2,3 раза при уменьшении содержания соломы в массе в 2 раза. Другим весьма важным эффектом при колосоуборке следует считать уменьшение потерь при недомолате и качественного улучшения процесса сепарации зерна на решетках. В наших опытах при отношении веса зерна к весу соломы 1:0,7 сепарация зерна через подбарабанье составила 92%, а при соотношении 1:2,5 только лишь 65%. В результате очевидно, что потери за молотильно-сепарирующими органами значительно снижаются. Этот фактор компенсирует некоторое снижение урожайности при нулевой технологии возделывания зерновых культур. Для Казахстана как зоны подверженной ветровой эрозии почвы колосоуборка необходима как средство

предотвращения ветровой эрозии и сохранения влаги в почве, что хорошо согласуется с казахстанской концепцией «зеленой экономики». Оставление стерни резко снижает скорость ветра над поверхностью почвы, а в зимний период высокая стерня, оставшаяся в поле вместе с почвенными частицами задерживает и накапливает снег, что повышает запас влаги в почве и гарантирует стабильный урожай. Например, при высоте стерни 10см. влаги на поле накапливается 268т/га, а при высоте стерни-40см.-1148т/га. Такой запас влаги-гарантия урожая.

В засушливые годы пшеница на зяблевой вспашке дала урожай в 8.4 ца/га, а на полях, где сохранялась высокая стерня 13.1 ца/га. Кроме того в зонах высокого увлажнения хлебостоя в период уборки следует учитывать, что основная влага накапливается в стеблях. Эта влага не мешает обмолоту при колосоуборке.

Но как же убрать зерновые, чтобы оставить максимальную стерню в поле? С этой целью нас в Казахстане в течение многих лет ведутся работы по созданию колосоочесывающих аппаратов.

Для реализации идеи колосоуборки нами было разработано специальное устройство-Авторское свидетельство СССР №1020046 1983г., в котором ротор, имеющий несколько рядов гребенок, прочесывает хлебостой. При этом вычесываются колосья, а вся стерня остается в поле.

Одним из наиболее тонких моментов для очесывающих аппаратов является забивание щелей стриппера стеблями, а то и сорняками. В этой связи проводилось исследование потока стеблей, попадающих в рабочую щель очесывающего аппарата. Этот поток непосредственно зависит от количества щелей на единицу ширины захвата аппарата, чем больше количество щелей, тем поток

будет менее интенсивным. Этот принципиальный параметр( количество щелей на метр захвата) определяется методами теории массового обслуживания из следующих соображений. Надежная гарантия отрыва всех поступивших в щель стриппера стеблей настает тогда, когда число рабочих щелей (каналов обслуживания)  $S_k$  будет соответствовать количеству поступающих в единицу времени стеблей (параметр потока- $\lambda$ ). Из теории массового обслуживания количество каналов обслуживания с вероятностью ожидания в очереди  $P \geq 0$  определяется по номограмме Эрланга (1). где исходным значением является интенсивность обслуживания, равная  $\psi = \frac{\lambda}{\mu}$ , где  $\mu$ -параметр обслуживания ( в нашем случае количество стеблей, которое может быть срезано в пределах рабочей щели за единицу времени  $t$ ).

Количество стеблей в потоке, поступающих в рабочую щель, подсчитывается в выходной щели на длине  $l_3 \approx 100\text{ мм}$ . параметр распределения потока требований определяется по формуле

$$(1) \quad a_j = \lambda t = 1,41,$$

которая означает, что в рабочей зоны стриппера, длиной 100мм следует ожидать в среднем 1,41 стеблей при фиксированной ширине пальцев.

Дисперсия Пуассоновского распределения (рис.1) определится как

$$(2) \quad S = a_2 \cdot (x)^2 = 1,48 \approx 1,41 = a_1.$$

Следовательно, плотность потока при рабочей скорости движения стриппера 2м/сек будет

$\lambda = 28,2$  стеблей в секунду.

Параметр обслуживания  $\mu$  определяется следующим образом: при транспортировании срезанной колосовой массы шнеком-битером по кожуху (рис.2) за счет сил трения она будет увлекаться лопастями шнека до угла  $\varepsilon_2$ . После этого силы трения уравновесятся массой колосьев, которые находятся выше угла  $\varepsilon_2$ . Для того, чтобы колосовая масса не перебрасывалась через ось шнека-битера, должно быть выполнено следующее условие:

$$(3) \quad n < \frac{60}{\pi j (j + f \pi)} \sqrt{\frac{g}{2fD}} (\pi - jf) \sqrt{j + \pi^2}^3$$

где:  $f$  – коэффициент трения колосовой массы по кожуху и шнеку;

$D$  – диаметр шнека;

$j = \frac{s}{D}$  – отношения шага шнека к его диаметру.

$$\operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{f}{\cos(\alpha + \varphi)}.$$

Здесь

$\varphi_1 = \arctg f$  – угол трения,  $\alpha_2$  – угол подъема винтовой линии.

При отношении  $\frac{s}{d} = 1$  угол подъема винтовой линии

$\alpha_2 = 18^\circ$ , угол подъема массы составит  $20^\circ$ . Длина дуги окружности  $S_2$  на которой происходит срезание или обламывание колосьев, равна 35 мм при  $D = 210$  мм. Для ротационно-винтовых режущих аппаратов отношение длины окружности к длине противорежущей кромки равно:  $K_1 = \frac{\pi D}{S_3} \approx 4 \div 5$ . Так как противорежущая кромка в ротационно-винтовом режущем аппарате располагается симметрично вертикальной оси, то длина задней части не может быть больше всей длины зоны резания, а длина противорежущей части впереди оси равна  $S_1 = \frac{D\pi}{2K} \approx 0,1\pi D$  (при  $D = 210$  мм  $S_1 = 66$  мм).

Таким образом, полная длина зоны резания составит

$$(4) \quad S_3 = S_1 + S_2 = \pi D (0,1 + \arctg \frac{f}{\cos(\alpha + \varphi_1)}).$$

Количество колосьев, одновременно уместяющихся на данной длине зоны резания, зависит от их ширины  $b$ . Распределение ширины колосьев подчиняется нормальному закону и поэтому максимальная ширина с доверительной вероятностью 0,975 (при параметрах распределения  $\bar{b} = 10,9$  мм  $S_b = 2,02$ ) равна 18,05 мм. Следовательно, количество колосьев, одновременно уместяющихся на всей длине зоны среза, составит:  $n_k = \frac{S}{b_{max}} \approx 6$ .

Таким образом параметр обслуживания определяется из выражения:

$$(5) \quad \mu = \frac{nk * n * m}{60}$$

где:  $n$  – число оборотов шнека-битера (300 об/мин)

$m$  – число ходов винта (принимается за 1).

Откуда интенсивность обслуживания  $\psi = \frac{\lambda}{\mu} = 0,9$

По номограмме Эрланга(1) определяется число каналов (щелей) с вероятностью ожидания в очереди  $P = 0,05$ , которое находится между значениями 2 и 3. Отсюда определяется ширина пальцев  $V_n = 18$  мм.

Таким образом, на 1 м ширины захвата стриппера необходимо иметь не менее 50 пальцев. Как показали проведенные нами эксперименты, не всегда представляется возможным ограничить скорость шнека-битера, так как при уборке влажных и засоренных хлебов требуется повышенная скорость резания. При увеличении скорости вращения шнека-битера возрастают центробежные силы, действующие на срезанные

колосья, из-за чего они выбрасываются открытую переднюю часть кожуха. Для устранения этого явления нами предложено устройство (авт. свид. СССР №382379) (рис 2), основным узлом которого являются подвижные щитки 5, закрепленные на цепи 6. Цепи получают привод через две конические шестерни 7 и звездочки 8 от шнека. Передаточное число привода должно обеспечить синхронное перемещение подвижных щитков на каждый оборот шнека-битера. Щитки имеют специальные вырезы для прохода режущей кромки шнека с ножами. Для щитков обеспечивает перекрытие части кожуха стрипперного аппарата равна шагу шнека. Срезанные колосья, увлекаемые центробежной силой, ударяются о подвижные щитки и, встречая преграду, падают на поверхность витков шнека, а затем транспортируются в продольном направлении по внутренней стенке кожуха. Диаметр битер стрипперного аппарата имеет принципиальное значение. При малом его диаметре колос не будет помещаться в кожухе шнека-битера, и шнек-битер не сможет подвести колос к противорежущей кромке. Поэтому обоснование размеров шнека-битера исходит из следующих соображений. Как известно, винтовая линия в пространстве описывается следующей системой уравнений:

$$(6) \quad \begin{cases} x^2 + y^2 = r^2 \\ y = x \operatorname{tg} \frac{z}{p} \end{cases}$$

Каждая точка винтовой поверхности описывает эпитрохоиду, взаимодействуя со стеблем и срезая его. Движение оси  $z$  (рис 22) обуславливается транспортирующую способность шнека-битера. Нам требуется определить радиус шнека-битера, при котором виток будет входить в массу колосьев хлебостоя, имея скорость в направлении движения агрегата, равную нулю. Допустим, что точка А, определяемая углом  $\varphi_m$  является моментом вхождения витка в зону колосьев, тогда радиус шнека-битера будет равен:

$$(7) \quad r = \frac{h_k}{(1 - \sin \vartheta)}$$

$h_k$  – длина колоса

$\vartheta$  – угол входа лопасти шнека-битера в хлебостой.

Угол  $\vartheta$  определяется следующим образом.

В плоскости поперечного сечения витка координаты точки А определяются уравнениями:

$$(8) \quad \begin{cases} r \cos wt = -v_m t + x \\ r \sin wt = -y \end{cases}$$

Поскольку скорость по оси должны равняться нулю, то есть  $\frac{dx}{dt} = 0$ , то из первого уравнения имеем

$$(9) \quad \begin{cases} V_m - r \omega \sin wt = 0 \\ \text{или } \sin wt = \sin \varphi_m = \frac{v_m}{r \omega} = \frac{1}{\varepsilon \pi} \end{cases}$$

В результате диаметр шнека-битера будет равен

$$(10) \quad D = 2 h_k (1 - \frac{1}{\varepsilon}).$$

Таким образом мы определили два основных параметра количество рабочих щелей стриппера на удельную ширину захвата и диаметр шнека-битера.

## Выводы.

1. Колосуборка в условиях Казахстана сулит не только увеличение производительности комбайна, но и накопление влаги высокой стерней в зимний период. Кроме того высокая стерня защищает почву от ветровой эрозии.

2. Методом теории массового обслуживания обоснован основной параметр вычесывающего аппарата- количество пальцев на удельную ширину захвата.

## Литература.

Кофман А. Методы и модели исследования операций. М. 1966