

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Направление «Агроинженерия»
Профиль «Технические системы в агробизнесе»
Кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Т е м а: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УБОРКИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР
С МОДЕРНИЗАЦИЕЙ ЖАТВЕННОЙ ЧАСТИ ЗАРУБЕЖНОГО
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА LEXION-560.

ВКР. 35.03.06.123.18

Студент _____ Хамидуллин Л. Р.

Руководитель, профессор _____ Нуруллин Э. Г.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

(протокол № _____ от _____ 2018 г.)

Зав. кафедрой, профессор _____ Зиганшин Б. Г.

Казань 2018 г.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса – осуществление глубокой технической реконструкции на основе самых современных достижений науки и техники, широкое внедрение техники нового поколения, создание новых технологий, обеспечивающих наивысшую производительность труда и эффективность производства. Одним из ответственных процессов сельскохозяйственного производства является уборка урожая. Здесь важное место отводится совершенствованию существующей технологии комбайновой уборки.

В последнее время предпочтение отдается иностранной технике, одним из лучших производителей которой является фирма CLAAS. В настоящее время самоходные зерноуборочные комбайны CLAAS успешно работают во многих регионах России. Опыт эксплуатации этих машин свидетельствует об их эффективной работе на высокоурожайных полях. Однако, как показывает практика, при уборке влажных и засоренных хлебов производительность комбайна резко снижается. Учитывая четко определенные и сжатые сроки уборки этого нельзя допускать.

Целью новой конструкции проставки жатки является повышение производительности комбайна за счет увеличения его скорости движения и уменьшения времени простоев по причине забивания жатвенной части, а также снижение уровня потерь зерна за комбайном путем равномерной подачи хлебной массы в молотильно-сепарирующее устройство.

Указанная цель достигается тем, что в соединении жатка-наклонный транспортер комбайна монтируется промежуточное звено – проставка, снабженная пальчиковым эксцентриковым механизмом. Данная схема обеспечит устойчивую подачу хлебной массы от шнека к планчатому транспортеру наклонной камеры и исключит наматывание стеблей на шнек жатки, а также накапливание хлебной массы перед наклонным транспортером.

1 ОБЗОР ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

1.1 Обзор комбайновых технологий уборки зерновых культур и предъявляемые к ним требования

Последовательность операций при уборке урожая зависит от убираемой культуры, от природно-климатических условий, от наличия средств механизации и от организационных принципов и ситуаций. Уборка урожая складывается из сбора и частичной обработки в поле, а также из первичной переработки их на стационарных комплексах (пунктах). Уборка – завершающая стадия возделывания сельскохозяйственных культур, от сроков уборки и организации уборочных работ во многом зависят качество и эффективность сбора урожая. Важнейшее условие роста производства дешевой сельскохозяйственной продукции – механизация уборочных процессов. В нашей стране комплексно механизирована уборка зерновых культур. Повсеместно переходят на поточные производственные процессы уборки, в результате которых сбор урожая организуют по схеме: поле – бункер машины – транспортное средство – пункт первичной переработки урожая в хозяйстве или в заготовительных пунктах.

Основной способ уборки хлебов во всем мире – комбайновая уборка с последующей доработкой зерна на стационарных зерноочистительных – сушительных комплексах.

В зависимости от состояния убираемой культуры, спелости зерна, погодных условий и возможностей производства зерновые убирают прямым и раздельным комбайнированием.

Прямое комбайнирование предусматривает срезание растений, обмолот растительной массы, выделение зерна из соломы, очистку зерна от примесей, сбор продуктов обмолота (зерна, половы, соломы). Все эти операции выполняет комбайн одновременно, в период полной спелости зерна. Прямым

комбайнированием убирают равномерно созревающие, малозасоренные хлеба с густотой стеблей не более 300...350 растений на 1 м².

Раздельное комбайнирование отличается от прямого тем, что растительную массу срезают и обмолачивают не одновременно, а разделяют во времени на две фазы: вначале растения срезают и укладывают в валки валковыми жатками для подсыхания и дозревания (первая фаза), затем через 3...5 дней, подбирают растения из валков, обмолачивают и разделяют зерно, солому и полосу (вторая фаза). Раздельным способом зерновые культуры начинают убирать раньше, чем при прямом комбайнировании, когда зерно находится еще в стадии восковой спелости. При таком способе меньше теряется зерна от осыпания, лучше обмолачивается масса, меньше теряется зерна в соломе и полосе, особенно при уборке неравномерно созревающих и засоренных культур. Раздельным комбайнированием убирают участки с густой стеблей не менее 300...350 растений на 1 м².

Требования, предъявляемые к комбайновой уборке хлебов.

Способы уборки: раздельный способ применяют в следующих случаях:

- 1) в начальный период уборочной страды, когда хлеба в восковой спелости зерна можно начать косить раньше, а, следовательно, и раньше завершить;**
- 2) при уборке полей, засеянных сортами с легкоосыпающимся зерном, потери которого с затяжкой кошения сильно возрастают;**
- 3) на засоренных полях, так как зелень сорняков сильно усложняет работу при прямом комбайнировании, резко снижается производительность комбайна, повышаются потери зерна в солому и полосу. Подсохшие в валках сорняки не затрудняют работу комбайнового агрегата;**
- 4) на уборке полей с неравномерно созревающим зерном;**
- 5) на полях, сильно поврежденных пилильщиком;**

6) при недостаточной насыщенности хозяйства зерноуборочной техникой.

Прямое комбайнирование применяют в следующих случаях:

1) при уборке незасоренных хлебов;
2) на редких и низкорослых хлебах, валки которых не могут хорошо удерживаться на стерне и проваливаются на землю, усложняя работу подборщика;

3) на полеглых хлебах, требующих среза растений на минимальной высоте. Раздельно убирать такие хлеба нельзя, так как валки приходится укладывать на землю. Полеглые хлеба убирают раздельно только на сильно засоренных полях и при условии, что до обмолота валки не попадут под дождь;

4) при частых кратковременных дождях. После них нескошенный стеблестой просыхает за 1-2 ч, а валки в этих условиях могут не подсохнуть до нормальной влажности в течение всего дня;

5) если предполагаются затяжные дожди. В таких условиях зерно в валках может погибнуть полностью или резко ухудшится его качество;

6) при достаточной насыщенности хозяйства зерноуборочной техникой.

Сроки уборки: самый высокий сбор зерна дает уборка хлебов в конце их восковой и в начале полной спелости. При уборке в начале восковой спелости хлебов недобор урожая связан с тем, что еще не закончился процесс формирования зерна. Уборка в конце полной спелости также сопровождается некоторым недобором урожая, а уборка перестоявшего хлеба протекает при недопустимых потерях за счет обламывания колосьев и самоосыпания зерна.

В валках хлеб должен лежать до тех пор, пока зерно просохнет до влажности 18-16%. С увеличением срока лежки валков ухудшается качество подбора их подборщиком, повышаются потери зерна за счет неподобранных колосьев и вымолоченных зерен. Особенно большие

потери наблюдаются при подборе валков, попавших под дождь, просевших от лежки и оказавшихся вследствие этого пронизанными стерней. Нормальный срок лежки валков составляет 3-5 дней. Каждый последующий день запаздывания с их подбором повышает недобор урожая на 2-3 %.

Наиболее высокое качество зерна получается при уборке в середине его восковой спелости. При длительной лежке валков, особенно при неблагоприятных условиях, качество зерна резко снижается, уменьшается количество и качество клейковины. Вследствие этого зерно не соответствует стандарту на сильную пшеницу.

Лучшее зерно по посевным показателям получается при уборке в конце его восковой и в начале полной спелости. Во всех этих фазах спелости посевные качества семян практически одинаковые. Продолжительность лежки валков, особенно в неблагоприятных условиях, значительно ухудшает посевные качества семян и ведет к снижению будущего урожая. Так, опоздание с подбором валков на 10 дней может уменьшить будущий урожай до 15 %, а на 20 дней - до 30 %.

Чем выше уровень агротехники (нет сорняков и вредителей) и меньше сезонная нагрузка на комбайн, тем больше площадей подлежит уборке прямым комбайнированием.

Высота среза: при раздельной уборке хлебов подбором оптимальной высоты среза обеспечиваются благоприятные условия для дозревания зерна в валках и высококачественная работа подборщиков.

Высокая стерня способствует лучшему просыханию хлебной массы в валках и дозреванию зерна за счет хорошего проветривания нижней части валков. Однако в утренние часы работы, когда влажные валки имеют наибольшую массу, а также после дождей прочность стерни может оказаться недостаточной. Стерня согнется и валки опустятся на землю. При высоком срезе также возможны потери зерна в не срезанных колосьях.

При низком срезе прочность стерни увеличивается, но значительная часть хлебной массы укладывается на землю, плохо проветривается, что приводит к затяжке сроков созревания хлеба, а при выпадении осадков - резкому ухудшению качества зерна, а также усложняется работа подборщика.

Наименьшие потери зерна на подбое валков наблюдаются при высоте среза 15-18 см для хлебостоя высотой 80 -120 см. Более высокие хлеба скашивают на высоте 20-25 см. Если хлебостой имеет высоту менее 80 см и его необходимо убирать отдельным способом, как, например, на уборке сильно засоренных хлебов, то высоту среза уменьшают настолько, чтобы не срезанных стеблей не осталось.

Высота среза зависит от густоты стояния растений: чем она больше, тем более мощный валок может удержать стерню. Поэтому высокорослые хлеба с густотой стояния свыше 400 шт./м² срезают на высоте 20-25 см, а растения средней высоты при густоте 300-400 шт./м² срезают на высоте 15-18 см.

Следует учитывать, что стерня пониклых хлебов менее прочна и может под тяжестью валков согнуться или надломиться, а часть срезанных стеблей оказаться на земле. На прочность стерни влияет и влажность валков. Чем она выше, тем менее устойчива стерня.

При прямом комбайнировании чем ниже высота среза, тем выше сбор соломы и лучшие условия для последующей обработки почвы. Вместе с тем, чем выше стерня, тем производительней работа комбайна, что резко сокращает сроки уборки, снижает общие потери зерна и повышает его валовой сбор. Если срезать только одни колосья, то производительность комбайна повышается на 30-60%. При задаче получить наивысший валовой сбор зерна, особенно на высокоурожайных массивах, стеблестой срезают возможно выше, лишь бы не оставались не срезанными полноценные колосья.

Форма и размеры валка: укладку стеблей в валки производят так, чтобы они располагались внахлестку и были направлены под углом 10-25° к их оси. Это обеспечивает чистый подбор массы валков. Кроме того, такие валки более устойчивы к проседанию и меньше разбрасываются ветром. Если стебли в валке уложены под завышенным углом, то колосья располагаются ближе к одной стороне валка, более тяжелая колосовая часть глубже проседает в стерню, а комлевая часть поднимается вверх. Это ведет к разбрасыванию валков ветром. Во время дождя вода стекает по стеблям к колосьям, масса сохнет дольше, хуже поднимается подборщиком, ухудшается качество зерна.

При расположении стеблей в валке вдоль его оси затрудняется работа подборщика. Часть стеблей проваливается на землю, так как пальцы подборщика делают пропуски, расчесывая валок вдоль стеблей.

Формируют валки так, чтобы их ширина была равна ширине молотилки комбайна, который подбирает валки. Чем уже валок, по сравнению с шириной молотилки, тем неравномернее распределяется его масса по ширине молотилки. В связи с этим потери зерна, особенно в полову, оказываются очень высокими, и устранить их невозможно даже при самой тщательной регулировке рабочих органов комбайна. Поэтому, если валки получаются узкими, то их надо сдваивать по схеме «валок к валку» (не «валок на валок»!).

Допустимые потери зерна

1) общие потери зерна за жаткой при полеглости хлебов до 20 % - 0,5 %, а при уборке полеглых хлебов - до 1,5 %;

2) общие потери зерна при подборке нормально уложенных в валки хлебов - не более 0,5%;

3) общие потери за молотилкой (вследствие недомолота и невытряса) при номинальной секундной подачей хлебной массы - 1,5%. При неполной загрузке молотилки уровень допустимых потерь зерна уменьшают. Исключение составляют потери зерна из-за недомолота,

которые всегда должны быть на определенном уровне и их уменьшают лишь в случае, если из-за неудовлетворительного состояния поверхности поля невозможно повысить скорость для номинальной загрузки комбайна.

Чтобы в работе была возможность правильно и быстро отрегулировать зерноуборочные комбайны, общие допустимые потери зерна за молотилкой целесообразно расчленить на потери из-за недомолота, которые должны быть не более 0,5%, потери свободного зерна в солому - не более 0.5%, потери зерна в полосу - не более 0,5%. Такое расчленение допустимых потерь зерна, несмотря на некоторую условность, дает возможность быстрее и точнее установить оптимальные регулировки соответствующих рабочих органов комбайнов. В хозяйствах, исходя из конкретных условий, может быть установлено другое распределение допустимых потерь зерна за молотилкой.

Дробление и обрушивание семенного зерна колосовых культур может составлять до 1 %, а продовольственного - не более 2%.

Чистота зерна в бункере должна быть не менее 97 %.

Потери соломы при уборке соломоуборочной техникой - не более 5%, а загрязнение соломы землей – не более 2 %.

Таким образом, рассмотрены общие технологические основы комбайновой уборки зерновых культур. Технологические основы уборки с применением зерноуборочных комбайнов типа Лексион и конкретные требования к будут рассмотрены во втором разделе.

1.2 Анализ существующих конструкций жаток

Жатка комбайна предназначена для скашивания, формирования равномерного потока хлебной массы и транспортировки её молотильному аппарату. К комбайнам выпускают жатки нескольких типоразмеров, различающиеся шириной захвата и назначением.

Рассмотрим существующие конструкции жаток конструкции жаток.

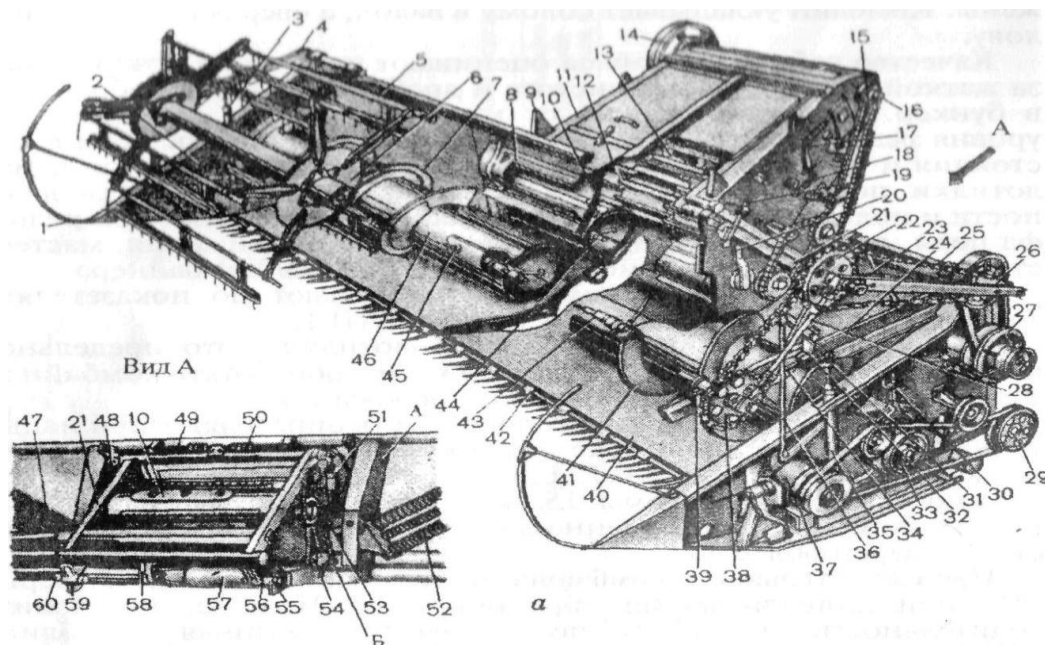


Рисунок 1.1- Жатка комбайна Дон-1500Б

Жатка (рис. 1.1) состоит из корпуса 57, режущего аппарата 42, мотовила 6, трубы 46, шнека, механизмов привода и регулировки рабочих органов. Корпус жатки образован сварным каркасом, обшитым листовым металлом, боковинами 2 и задним (ветровым) щитом 5. на боковинах закреплены гидроцилиндры 3 и 35 подъема мотовила, делители 1, поддержки 4 и 24 мотовила. На левой стороне смонтирован клиноременный вариатор 27 привода мотовила, механизм 33 привода шнека и механизм 37 качающейся шайбы-привода ножа. На задней стенке ветрового щита справа и слева расположены винтовые домкраты для установки жатки на площадке при монтаже. В средней части щита 5 выполнено окно для прохода хлебной массы к битеру 10 проставки 21. К нижней части корпуса 57 прикреплены копирующие башмаки 63, а к его несущей трубе приварены кронштейны упоров 55 и 59 и центрального шарнира 58.

Механизм подвески и уравнивания жатки.

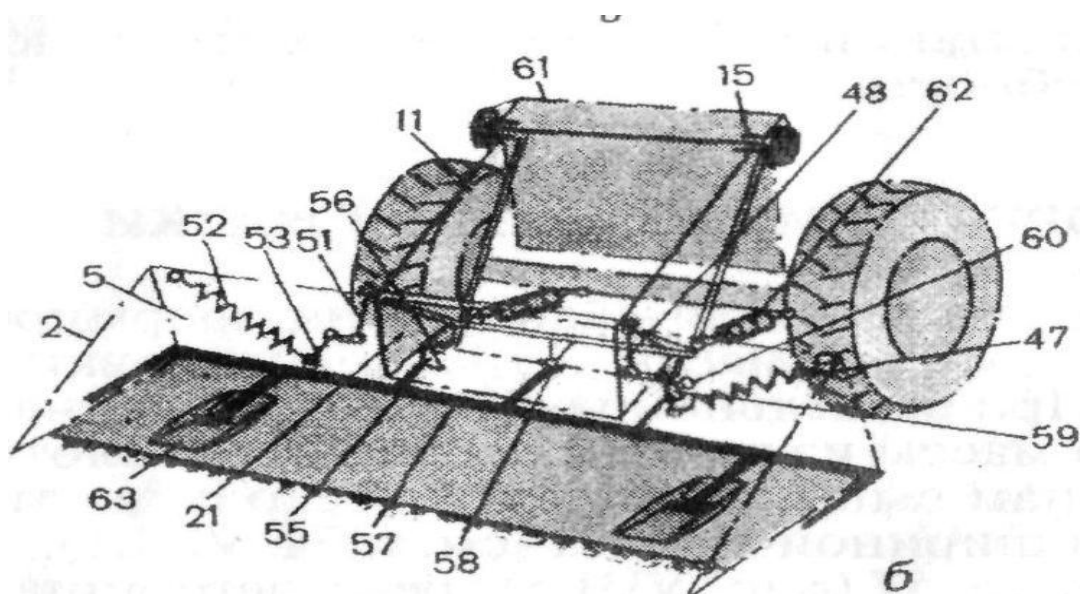


Рисунок 1.2- Механизм уравнивания жатки

Жатку с молотилкой соединяют с помощью проставки Б и наклонной камеры В. Корпус наклонной камеры 11 шарнирно соединенный с корпусом молотилки 61, гидроцилиндрами 62 может подниматься и опускаться, поворачиваясь вокруг подшипников 15. впереди к наклонной камере крюками 19 крепят проставку 21 в трех точках: в центре при помощи сферического шарнира 58 и по сторонам при помощи подвесок 48 и 51, соединенных блоком пружин 47 и 52 механизма уравнивания через рычаги 53. вверху корпус жатки дополнительно связан с проставкой поперечными пружинными растяжками 49 и 50.

К трубчатому каркасу жатки приварены упоры 55 и 59, упирающиеся на ролики 56 и 60, оси которых прикреплены к корпус проставки. С правой стороны жатки установлена подвеска 51, длину которой можно регулировать и выравнивать этим корпус жатки относительно молотилки. При выключенных гидроцилиндрах 62 молотилка 61 и наклонная камера 11 с проставкой 21 образуют жесткую систему, а корпус 57 жатки может поворачиваться относительно проставки как в продольном, так и в поперечном направлении.

Конструкция механизма подвески позволяет работать с копированием рельефа поля или без копирования. В первом случае штырь 54 устанавливают в отверстие А, во втором – в отверстие Б. при работе копированием корпус жатки опирается на башмаки 63, которые скользят по поверхности поля и поддерживают заданную высоту среза. Конструкция механизма уравнивания автоматически обеспечивает постоянное давление башмаков на почву при любых перекосах жатки.

Копирующие башмаки плохо скользят по рыхлой и влажной почве, сгружают ее перед собой и увеличивают затраты энергии (расход топлива) на передвижение. В этих случаях механизм уравнивания выключают и работают с отрывом башмаков от почвы. Без копирования работают также на неровных участках.

Режущий аппарат предназначен для резания растений. Сегментно-пальцевый режущий аппарат закрытого типа (рис. 1.3) состоит из пальцев 1, закрепленных на бруске 3, и ножа, снабженного сегментами 2. На пальцах 1 установлены противорежущие пластины 8. К левому концу спинки 4 ножа прикреплены основание 19 и головка 21 шаром для присоединения механизма привода.

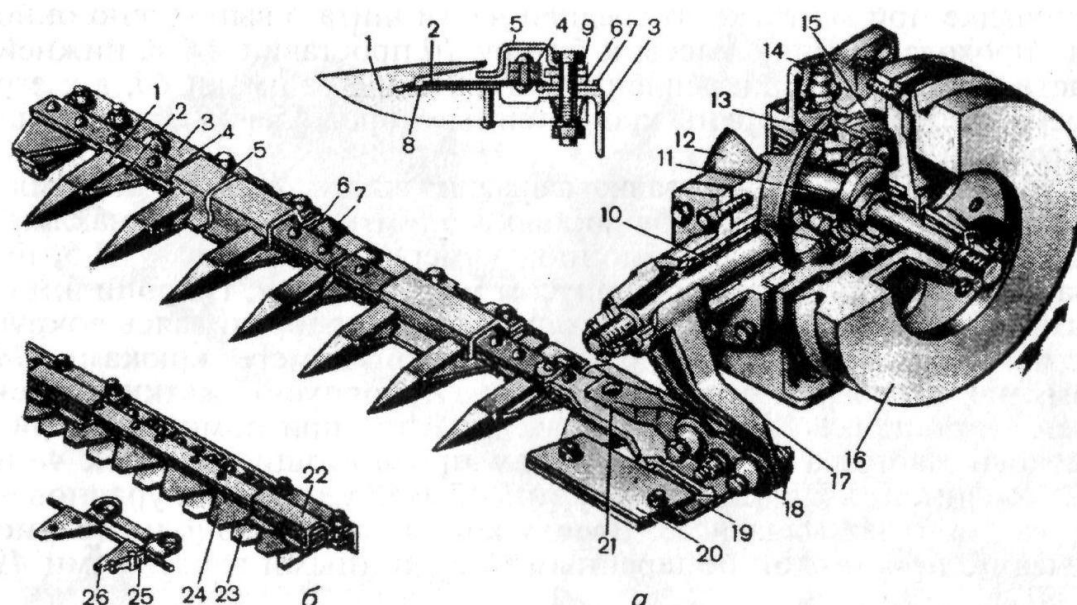


Рисунок 1.3- Режущий аппарат комбайна Дон-1500Б.

Нож режущего аппарата совершает обратное поступательное движение. При движении комбайна в промежутки между неподвижными элементами режущего аппарата (пальцами и сегментами) заходят стебли растений, подвижные элементы (сегменты) прижимают их к острой кромке неподвижных режущих элементов и срезают.

Для качественного среза стеблей носки сегментов 2 должны прилегать к пластинам 8 (зазор не более 0,5 мм). Зазор между сегментом и задней частью пластины должен быть 0,5...1 мм, а между прижимом 5 и сегментом 2 – не более 0,5 мм. Зазоры регулируют, рихтуя прижимы и устанавливая прокладки 6 или смещая пластины трения 9. Отрегулированный нож должен свободно перемещаться от усилия руки.

Делители предназначены для отделения срезаемых стеблей от хлебного массива и подвода крайних стеблей к ножу. При уборке короткостебельных культур делителями служат боковины жатки, удлиненные съемными мысами. Для уборки длинносоломистых, полеглых и спутанных хлебов применяют прутковые или торпедные делители, снабженные регулируемыми внешними и внутренними стеблеотводами.

Высоту реза регулируют, переставляя копирующие башмаки относительно днища жатки (работа с копированием) или поднимая жатку гидроцилиндрами (без копирования). Полеглые и низкорослые хлеба срезают на минимальной высоте. При уборке прямостоячих хлебов высоту среза выбирают в зависимости от длины стеблей.

Нож режущего аппарата приводится в возвратно-поступательное движение при помощи механизма качающейся шайбы (МКШ), он снабжен коленчатым ведущим валом 11, на шейке которого на подшипниках смонтировано водило 15. Пальцами 13 водило кинематически соединено с вилкой колебательного вала 10. На конце вала закреплен рычаг 17, соединенный с головкой 21 ножа звеном 18, состоящим из двух накладок. Сферические выточки накладок охватывают головку рычага и ножа, образуя

шаровые шарниры. Они компенсируют взаимные отклонения рычага и ножа в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

При вращении вала 11 водило 15 совершает колебательные движения вокруг оси, проходящей через ось вала 10. Колебательные движения водила пальцами 13 передаются вилке вала 10 и через рычаг 17, звено 18 ножу режущего аппарата.

Мотовило подводит стебли к ножу, поддерживает их во время среза, подает их к шнеку и очищает от них режущий аппарат.

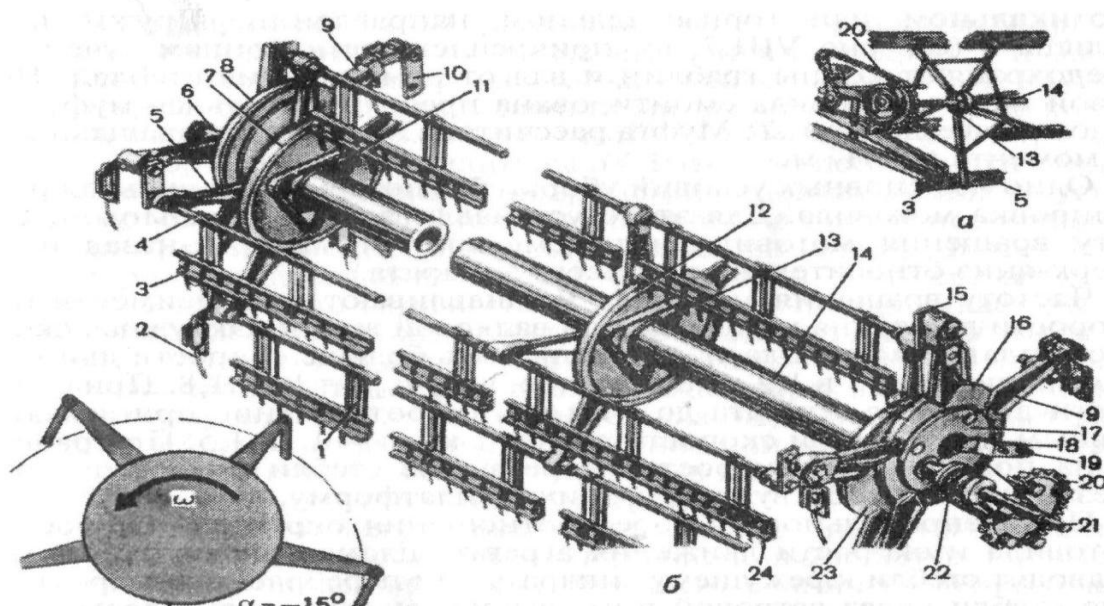


Рисунок 1.4- Мотовило.

Универсальное эксцентриковое мотовило снабжено граблинами 1 с пружинными пальцами 24. Цапфы 21 трубчатого вала 14 мотовила вращаются в подшипниках 6 и 22, установленных на подпорках 4 и 24, опирающихся на гидроцилиндры 3 и 35.

К фланцам 11 и 13, приваренным к трубчатому валу 14, прикреплены диски 7, 12, 23 с лучами 5. На концах лучей шарнирно смонтированы трубы 4, снабженные подвесками для установки граблин 1. К обоим концам труб 4 приварены поводки 10, 15, на концах которых смонтированы лучи 9,

прикрепленные к обоймам 8 и 16. На цапфу 21 вала свободно надета втулка эксцентрика 17, на внутренней стороне которого установлены три ролика. От поворачивания эксцентрик удерживается поводком 18, ролик 19 которого входит в фигурный паз копира. По роликам эксцентрика перекачивается обойма, обеспечивающая заданный угол наклона граблин. При вращении мотовила пальцы совершают плоскопараллельное движение, одинаково хорошо захватывая прямостоячие и полеглые стебли. Поэтому универсальное мотовило наиболее распространено.

Угол наклона граблин изменяется автоматически от -15 (наклон вперед) до +30 (наклон назад) при перемещении мотовила в вертикальном или горизонтальном направлении. Пружинные пальцы 2, прикреплены к концам лучей 9, предохраняют концы граблин и вал от наматывания стеблей. На левой цапфе мотовила смонтирована предохранительная муфта с ведомой звездочкой 20. Муфта рассчитана на передачу вращающего момента 600 Н·м.

Одно из основных условий уборки без потерь - правильная регулировка мотовила. Для этого устанавливают оптимальную частоту вращения мотовила и перемещают его вперед- назад или вверх- вниз относительно режущего аппарата.

Частоту вращения мотовила устанавливают в зависимости от скорости движения комбайна. Окружная скорость ланки мотовила должна быть больше скорости движения машины в 1,2...1,8 раза.

Частоту вращения мотовила регулируют на ходу комбайна вариатором 27, состоящим из двух двухдисковых шкивов, охваченных клиновидным ремнем. Ведущий шкив снабжен гидроцилиндром, включенным в гидросистему комбайна. К ведомому шкиву прикреплена звездочка 26 привода мотовила. Для увеличения частоты вращения мотовила комбайнер поворачивает рычаг гидросистемы так, чтобы масло из нагнетательной магистрали поступало в гидроцилиндр вариатора. Под давлением масла плунжер гидроцилиндра перемещает подвижной диск ведущего шкива и выжимает ремень из ручья так, что он располагается на большем диаметре

шкива. Одновременно ремень, преодолевая сопротивление пружины, раздвигает диски ведомого шкива и перемещается на его меньший диаметр.

Чтобы уменьшить частоту вращения мотовила, поворачивают рычаг гидрораспределителя, соединяя полость цилиндра с системой слива. Под действием пружины подвижной диск ведомого шкива выжимает ремень на больший диаметр. На ведущем шкиве ремень переходит на меньший диаметр, смещает подвижной диск и соединенный с ним плунжер. Частоту вращения мотовила комбайна Дон-1500Б изменяют вариатором от 15 до 49 об/мин.

Во время движения комбайна при помощи гидроцилиндров 3 и 35 можно перемещать мотовило одновременно по вертикали и горизонтали, одновременно с эксцентриком смещается обойма 16 вниз или вверх, что приводит к изменению угла наклона граблин.

Положение мотовила по высоте и выносу выбирают в зависимости от высоты и состояния стеблестоя убираемых культур. По высоте мотовило устанавливают так, чтобы его планки воздействовали на стебли выше центра тяжести срезанных растений, но ниже колосьев. При воздействии на стебель ниже центра тяжести растение будет переваливаться через планку, и падать на землю перед жаткой.

При любых положениях мотовила зазор между пальцами 24 граблин и режущим аппаратом должен быть не менее 25 мм. Его устанавливают, вворачивая или выворачивая винты 31 на штоке гидроцилиндров 3 и 35. При этом добиваются, чтобы граблины мотовила располагались параллельно режущему аппарату.

Шнек жатки (рис. 1.5) 7 сужает поток скошенных стеблей и подает их к битеру 8 проставки. Шнек представляет собой вращающийся полый цилиндр 17, к которому приварены спиральные ленты – витки 31 и 40 правого и левого направления, сдвигающие стебли к середине. Обшивка корпуса жатки под шнеком выполнена желобчатой. В середине шнека

расположен пальчиковый механизм, пальцы 18 которого подают стебли к битеру 8 проставки.

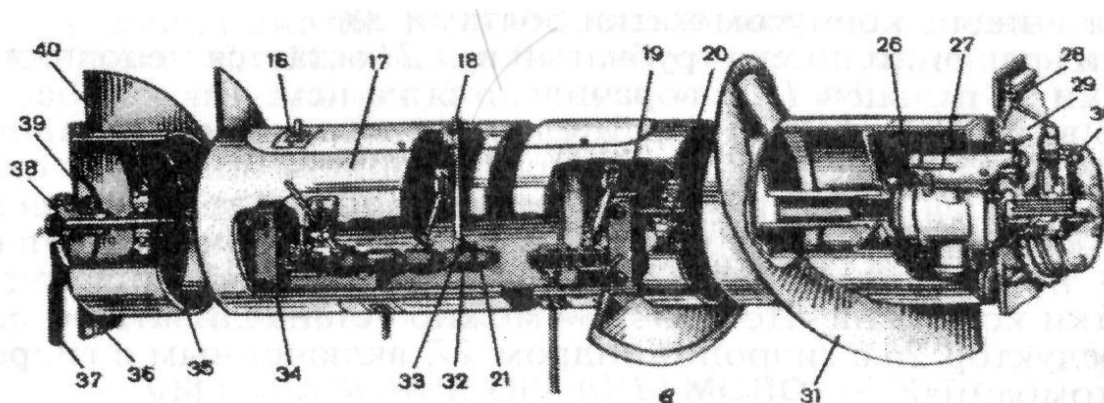


Рисунок 1.5- Шнек жатки

Внутри к цилиндру шнека приварены диски, на которых закреплены шариковые подшипники разборного коленчатого вала, состоящего из осей 20 и 35, щек 19 и 34 и трубчатого вала 21. Последний смещен относительно оси шнека. На трубчатый вал 21 надеты втулки 32 с пальцами 18, пропущенными в отверстия глазков 16, которые свободно вставлены в обойму, прикрепленную к цилиндру 17 шнека. На конце оси 35 закреплена втулка с рычагом 37, связанная с корпусом жатки болтами 38.

При вращении шнека трубчатый вал 21 остается неподвижным, а втулки 32 пальцев 18 поворачиваются в нем. Так как ось трубчатого вала 21 смещена относительно центра вращения шнека, то пальцы больше выступают из цилиндра шнека впереди и снизу и меньше – сзади и сверху. Захватив стебли, пальцы перемещают их к плавающему транспортеру, затем постепенно входят в цилиндр, поэтому стебли свободно сходят с пальцев. В привод шнека жатки комбайна Дон-1500Б можно установить реверсивный редуктор 26 с гидроцилиндром 27, включенным в гидросистему комбайна.

При забивании шнека хлебной массой отключают привод жатки и гидроцилиндром 27 переключают редуктор на обратное вращение. После

этого включают привод жатки. За счет обратного вращения шнек выбрасывает хлебную массу и очищается от нее.

Поворачивая рычаг 37, регулируют зазор между пальцами и днищем жатки. Минимальный зазор (6...20 мм) устанавливают при уборке малоурожайных низкостебельных хлебов, а максимальный (20...30 мм) – при уборке высокоурожайных длинносоломистых хлебов. Одновременно регулируют зазор между витками шнека и днищем корпуса жатки, перемещая плиты 29 и 39 при помощи болтов 28. Если зазор отрегулирован неправильно, перед шнеком накапливается хлебная масса и подача ее в молотильный аппарат станет порционной, что увеличит потери за молотилкой.

Проставка (рис 1.1) 21 состоит из корпуса и битера 10. Битер, обеспечивающий устойчивую подачу хлебной массы от шнека к транспортеру наклонной камеры, снабжен пальчиковым эксцентриковым механизмом 44, устройство и принцип работы которого аналогичны пальчиковому механизму шнека.

Зазор между пальцами битера и днищем проставки регулируют, поворачивая рычаг 20. При уборке нормальных среднесоломистых хлебов устанавливают зазор 25...35 мм, на длинносоломистых хлебах его увеличивают, на короткосоломистых - уменьшают.

Плавающий транспортер 13, предназначенный для транспортировки стеблей от шнека в приемную камеру молотилки, смонтирован в наклонной камере 11. Транспортер 13 состоит из ведущего 16 и ведомого 12 валов, на которых установлены по три звездочки. На звездочки надеты втулочно - роликовые цепи со стальными планками, прикрепленными к цепям в шахматном порядке. Для плавного движения транспортера над нижними ветвями цепей смонтированы подпружиненные ползки, постоянное прижатие которых к цепям обеспечивает пружина, воздействуя на рычаг 17 натяжного устройства.

Ведомый вал транспортера подвешен в наклонном корпусе на пружинах и может приспособляться к толщине слоя стеблей. Если поступает толстый слой хлебной массы, то нижний вал поднимается. Натяжение цепей транспортера регулируют винтами 18 так, чтобы длина сжатой пружины натяжного устройства составляла 90...95 мм. Чтобы поддержать зазор между планками и днищем под нижним валом от 5 до 10 мм, между гайками болта подвески и угольником боковины камеры устанавливают шайбы. Пружину подвески сжимают так, чтобы ведомый вал мог подняться вверх на 50 мм и плавать над слоем хлебной массы.

Приводной шкив 14 снабжен предохранительной фрикционной муфтой, которая при перегрузке транспортера выключает передачу. Скорость движения транспортера 2,91 м/с.

1.3 Обоснование темы

В настоящее время решающее значение для подъема всех отраслей сельского хозяйства, для роста благосостояния народа имеет, прежде всего, производство зерна.

Увеличение производства зерна в основном должно происходить за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур и сокращения потерь при их уборке, переработке и хранении.

Сокращение потерь при уборке урожая происходит в основном за счет соблюдения оптимальных сроков уборки. Однако даже при уборке в краткий и оптимальный срок остаются потери за рабочими органами зерноуборочных машин. По данным машиноиспытательных станций и многочисленных исследований, основные потери за зерноуборочными комбайнами падают на долю молотилки. Потери за молотильной складываются из потерь недомолотом и дробленным зерном, свободным зерном в соломе и соломе. По данным машиноиспытательных станций за разные годы, при уборке

различных зерновых культур потери за комбайнами составляют около 2/3 общих потерь и достигают 1÷2% от урожая.

В связи с неуклонным повышением урожайности сельскохозяйственных культур возникает необходимость создания высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов, использование жаток с автоконтуром для лучшего копирования рельефа поля и снижения потерь за комбайном, а также проведение уборочных работ в определенные сжатые агротехнические сроки, чтобы не произошло осыпание зерна.

У жатки комбайна Lexion имеются следующие отличия от жатки комбайна Дон-1500:

- Наклонная камера комбайна Lexion соединяется непосредственно к корпусу жатки;
- Отсутствуют копирующие башмаки, их заменяют дугообразные поводки установленные под корпусом жатки, которые соединены с датчиками и от степени сжатия поводков датчики подают сигнал на электронный блок, там сигналы обрабатываются затем подаются импульсы на распределительные клапана регулирующие подачу масла в гидроцилиндры, в результате чего происходит поддержание заданной высоты среза и копирование рельефа поля корпусом жатки;
- Привод вращения мотовила – гидромотор, установленный на рычаге поддержки мотовила. Частота вращения зависит от величины подачи масла, диапазон регулирования от 8 до 60 об/мин;
- Частота вращения мотовила автоматически изменяется с увеличением скорости движения комбайна;
- Угол наклона граблин мотовила задается вручную;
- По обеим сторонам жатки расположены торпедные делители;
- Приводной шкив шнека жатки снабжен предохранительной фрикционной муфтой;

Целью новой конструкции проставки жатки является повышение производительности комбайна за счет увеличения его скорости движения и уменьшения времени простоев по причине забивания жатвенной части, а также снижение уровня потерь зерна за комбайном путем равномерной подачи хлебной массы в молотильно-сепарирующее устройство.

Указанная цель достигается тем, что в соединении жатка-наклонный транспортер комбайна монтируется промежуточное звено – проставка, снабженная пальчиковым эксцентриковым механизмом. Данная схема обеспечит устойчивую подачу хлебной массы от шнека к планчатому транспортеру наклонной камеры и исключит наматывание стеблей на шнек жатки, а также накапливание хлебной массы перед наклонным транспортером.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Технологические особенности уборки зерновых культур с применением зерноуборочных комбайнов типа Lexion

Технологическая структура уборочного процесса с использованием комбайнов «Lexion» предусматривает выполнение поточным методом всех операций уборки, следующих непосредственно одна за другой.

Полное использование высоких технических возможностей, заложенных в новых зерноуборочных комбайнах «Lexion» возможно только при соблюдении следующих условий:

обеспечение полной загрузки молотилки комбайна на скорости движения 1,5...2 м/с;

организации транспортного обслуживания комбайнов большегрузными автомобилями или тракторами с прицепами;

преимущественном использовании комбайнов «Lexion» для уборки полей укрупненных севооборотов;

применении поточных технологий уборки незерновой части урожая высокопроизводительными машинами;

организации группового использования комбайнов в составе уборочно-транспортных комплексов;

специальном отборе механизаторских кадров и переподготовке их в специализированных учебных заведениях;

организации технического обслуживания комбайнов в период проведения уборочных работ специализированными звеньями, оснащенными передвижными средствами диагностики, технического обслуживания и полевого ремонта;

обеспечении для механизаторов и водителей транспортных средств, нормальных культурно-бытовых условий в поле.

Частичное или полное несоблюдение перечисленных условий приводит к недоиспользованию технических возможностей комбайнов «Lexion» и снижению их эффективности.

Агротехнологические требования на уборке хлебов на комбайнах типа Лексион.

Скашивание хлебов в валки. Для полной загрузки зерноуборочных комбайнов «Lexion» укладывают более мощные валки, масса которых на длине 1 м должна быть не менее 4,0 кг. Характеристика валка по массе должна соответствовать пропускной способности молотилки комбайна при скорости его движения 0,8...1,2 м/с.

Скашивание хлебов в валки проводят валковыми жатками, позволяющими укладывать валки с шириной захвата 6, 10, 12 м, которые обеспечивают полное использование пропускной способности молотилок зерноуборочных комбайнов «Lexion» в интервале допустимых поступательных скоростей при изменении урожайности зерна от 1 до 7 т/га и соломистости хлебной массы от 0,8 до 2,4.

При подготовке жатвенных агрегатов к работе проверяют их комплектность, правильность сборки смонтированных деталей и узлов, выполняют регулировку и технологическую настройку.

Основное внимание при подготовке жатвенных агрегатов обращают на максимальное использование широкозахватных жаток ЖВР-10 и MacDon 9252i, которые обеспечивают полную загрузку комбайнов «Lexion» в большом диапазоне урожайности зерновых колосовых культур.

Регулируют рабочие органы жатки ЖВР-10-03. Для этого устанавливают сопряжение режущих элементов режущего аппарата так, чтобы зазор у носка сегмента был равен 0,3...1,5 мм, у основания – 0,1...0,8, у прижима ножа – 0,1...0,5 мм, а в крайних положениях ножа от сегментов и противорежущих пластин совпадали.

Устанавливают жатку на башмаки, переместив мотовило к корпусу жатки и опустив его в крайнее положение. Вращением болтов регулируют пружинные блоки так, чтобы давление жатки на почву составляло 250...300Н.

Перемещая натяжной шкив, устанавливают натяжение клиновых ремней так, чтобы прогиб ремня при нормальном натяжении у приводов механизма реверсирования составлял 27...28 мм, промежуточного вала – 18...19, контрпривода транспортера правого крыла и контрпривода мотовила – 10...12, вариатора мотовила – 8...10, транспортера – 250 и транспортера крыла – 200мм.

Натягивают цепи так, чтобы прогиб ветви цепи у передач на вариатор мотовила составлял 6 мм, промежуточный вал мотовила – 22, вал мотовила и вал транспортера крыла – 5, вал контрприводов транспортеров – 12, ведущий вал транспортера – 6, ведущий вал транспортера корпуса – 7 мм.

Устанавливают осевой лифт блок – колеса тележки в пределах 0,1...0,2 мм.

Устанавливают высоту среза совмещением отверстий в рычаге – 100...250 мм.

Устанавливают положение мотовила по высоте гидроцилиндрами и частоту вращения мотовила с помощью вариатора из кабины энергосредства.

Угол наклона граблин изменяют соединением тяги поводка эксцентрикового механизма с одним из четырех отверстий на рычаге ползуна (+15°/-30°).

Положение лопастей мотовила регулируют их перестановкой по кронштейн- граблин.

Положение волнообразующего щита регулируют перестановкой тяги, расположенной наружи щита, в одно из двух отверстий на рычаге крыла жатки.

При уборке полеглых или длинностебельных культур рекомендуется использовать стеблеподъемники и регулируемые делители.

После исходной настройки жатки включают агрегат в работу и проезжают со скоростью 1,39...1,67 м/с 20...25 м.

Останавливают жатвенный агрегат и проверяют качество его работы: высоту среза, ширину валка, потери за жаткой, прямолинейность и равномерность укладки вала. При отклонениях от агротехнических требований агрегат регулируют повторно.

Уточняют скоростной режим движения агрегата по результатам проверки качества его работы. При хорошем качестве работы применяют повышенные скорости движения.

После изменения скорости движения вновь проверяют качество работы. Потери за жаткой не должны превышать одного-двух стеблей на 1 м².

При объездах препятствий валок укладывают не ближе чем на 1,5 м от необработанной части поля.

Подбор и обмолот валков начинают в момент наступления полной спелости зерна через пять-семь дней после скашивания. Его проводят плавно, без разрыва и сгуживания вала.

Перед работой в загоне выполняют технологическую настройку рабочих органов агрегата применительно к условиям данного поля. В дальнейшем при переездах с одного поля на другое корректируют настройку комбайна. Для этого осматривают поле и в зависимости от состояния хлебов в валках регулируют зазоры подбарабання, устанавливают раствор жалюзейных решет и угол наклона удлинителя грохота, обороты молотильного барабана, вентилятора и корректируют их в процессе работы.

Предварительную настройку зазоров между молотильным барабаном и подбарабанием проводят изменением длины подвесок подбарабання так, чтобы на входе на передний планке подбарабання зазор был равен 14 мм, на выходе – 7 мм. Все операции по настройке комбайна выполняются в бортовой информационной системе CEBIS, которая объединяет в себе функции информационного обеспечения, документирования, управления и контроля.

Частоту вращения вентилятора очистки регулируют только при работающей молотилке. Регулировку подачи воздушного потока на очистку рекомендуется начинать с максимально возможных оборотов применительно к данной культуре. Следует добиться таких оборотов вентилятора, при которых бы выносилось щуплое зерно, а затем снизить обороты.

Частоту вращения молотильного барабана и скорость ветрового потока изменяют при помощи нажатия соответствующих кнопок в бортовой информационной системе CEBIS. Числовую величину частоты вращения показывает электронное ЖК табло в кабине комбайна. Регулировку открытия жалюзи решет проводят в зависимости от вида убираемой культуры, количества и состояния вороха, так же из кабины комбайна при помощи информационной системы CEBIS.

Очистка комбайна считается наиболее сложным и ответственным агрегатом.

Во избежание циркуляции вороха на домолоте увеличивают частоту вращения вентилятора до максимально возможной (решета при этом почти

полностью открыты, особенно верхние). Такой режим работы очистки способствует сокращению потерь недомолотом и свободным зерном. Уровень потерь недомолотом и свободным зерном регулируют открытием жалюзи решет (чтобы воздушным потоком поднять легкие примеси над решетом) и удлинителя верхнего решета, частотой вращения вентилятора и барабана, зазором в подбарабанье.

Регулируют жалюзийные решета и обороты крылача вентилятора в процессе работы так, чтобы вынести из очистки большую часть легких примесей. Если при рекомендуемых оборотах вентилятора и отсутствии потерь зерно в бункере сорное и сходы в колосовой шнек большие, уменьшают открытие жалюзи первоначально нижнего решета до получения требуемой частоты, а затем, при необходимости, верхнего. В случае появления потерь свободным зерном и недомолоченным колосом увеличивают угол наклона жалюзей верхнего решета и увеличивают частоту вращения молотильного барабана. Угол открытия жалюзи решет контролируют на экране дисплея компьютера, а так же визуально равную величину открытия правой и левой части решет. При несоответствии углов открытия их выравнивают при помощи механизма для ручной регулировки. В закрытом положение жалюзи решет должны свободно, без напряжения, прилегать друг к другу. При наличии зазоров жалюзи пригибают. Полный угол открытия жалюзи составляет 45°.

После настройки комбайна, его проверяют во время работы. Через 50...100 м останавливают комбайн и проверяют потери за его молотилкой. При отклонениях потерь зерна от агротехнических требований уточняют скоростной режим движения комбайна.

При прямом комбайнировании высота среза стеблей не должна превышать 18 см, низкорослых и полеглых хлебов - 15 см.

При уборке хлебов повышенной влажности и засоренности периодически очищают молотильное устройство и соломотряс; проверяют и

очищают от налипающей массы внутреннюю поверхность нижних крышек элеваторов и верхней крышки колосового элеватора.

Перед работой в загоне проверяют технологическую настройку уборочного агрегата, начальную настройку молотилки комбайна, жатки и наклонной камеры.

Настройку молотилки комбайна при прямом комбайнировании, выбор скоростного режима, проверку соответствия работы агрегата предварительно установленным технологическим параметром выполняют так же как и при подборе и обмолоте валов хлебной массы. Наклон граблин мотовила устанавливается в зависимости от состояния полеглости хлебов и величины выноса мотовила.

Частоту вращения мотовила регулируют в зависимости от скорости движения комбайна. Положение мотовила и его частоту вращения выбирают с таким расчетом, чтобы его граблины активно захватывали (поднимали) стебли, подводили их к режущему аппарату и шнеку.

При забивании шнека хлебной массой исходные зазоры для его настройки увеличивают. При этом шнек от солоистой массы очищают реверсивным редуктором, который включают на реверсивное движение только при неподвижном шнеке.

Транспортировка зерна от комбайнов.

Основной вид транспортного обслуживания комбайнов «Lexion» - прямые перевозки зерна одиночными автомобилями грузоподъемностью более 7 т.

Наиболее эффективно использование автомобилей большой грузоподъемности, вмещающих два и более бункеров зерна. В этом случае снижаются затраты труда на транспортировке зерна.

При плохом согласовании операций обмолота хлебов и перевозки зерна на ток простои комбайнов в ожидании разгрузки бункеров нередко составляют 30...40%, а простои автомобилей в ожидании полной загрузки кузовов достигают 35...50% от общей продолжительности их работы.

В настоящее время основным способом, обеспечивающим хорошее согласование совместной работы комбайнов и транспортных средств, является организация групповой работы уборочных машин и транспортных машин, исключая индивидуальное закрепление автомобилей за комбайнами. Автомобили в данном случае загружают в порядке поступления их на поле, т.е. в первую очередь загружают автомобиль, раньше других прибывший в поле. Порядок обслуживания комбайнов прямой. Раньше других обслуживают комбайн, который первым заполнил свой бункер.

Если одновременно в различных местах поля простаивают несколько комбайнов, то возможно отклонение от прямого обслуживания. В этом случае определяющим будут первоначальное расположение транспортного средства и необходимость минимальных переездов его по полю.

При групповой работе комбайнов и транспорта все комбайны работают в одной загонке, что уменьшает время переездов автомобилей от комбайна к комбайну (в процессе сбора необходимого числа бункеров).

Эффективность описанной технологической схемы организации уборочно-транспортного процесса в значительной мере повышают использованием специальных приемов, сокращающих непроизводительные затраты времени комбайнов и автомобилей; разгрузки бункеров комбайнов независимо от степени их заполнения; разгрузки бункеров без остановки комбайнов; разгрузки бункеров комбайнов только на транспортных и разгрузочных магистралях.

Разгрузка бункеров независимо от заполнения особенно эффективна при обслуживании групп комбайнов большегрузными автомобилями, кузова которых могут вместить несколько бункеров зерна. В этом случае после прибытия автомобиля на поле его загружают от нескольких комбайнов до заполнения своего кузова (с учетом бесперебойной работы группы) до прихода очередного транспортного средства. Для предупреждения остановки любого агрегата в первую очередь разгружают тот комбайн, у которого в данный момент больше всего зерна в бункере.

В результате такой организации простои комбайнов снижаются на 60%, общие потери на выгрузку и ожидание – 30, простои автомобилей в ожидании загрузки – на 25...30%.

Разгрузка бункеров без остановки комбайна сокращает потери рабочего времени комбайна и автомобилей на 10...15% от общего времени смены.

Разгрузка бункеров комбайнов только на транспортных и разгрузочных магистралях (в сочетании с приемом разгрузки бункеров независимо от их заполнения) уменьшает пробег автомобилей по полю на 25...30%.

Разгрузочная магистраль представляет собой поперечный прокос или свободную от валков поперечную полосу шириной 10...12 м и прокладывается в период разбивке поля на загонки. Расстояние между разгрузочными магистралями зависит от длительности заполнения бункеров, а последняя – от урожайности и ширины захвата жатвенного агрегата.

При организации работы уборочных и транспортных машин с использованием разгрузочных магистралей транспортные средства обычно закрепляют за конкретной магистралью, причем они могут обслуживать даже несколько групп комбайнов, работающих в соседних загонах на одном поле.

Описанная рациональная организация уборочного транспортного процесса эффективно использовать на этой операции не только одиночные автомобили, но и автомобильные и тракторные поезда.

Уборка незерновой части урожая.

Поле от соломы освобождают одновременно с уборкой зерна и сразу проводят мероприятия по задержанию влаги в почве.

У зерноуборочного комбайна «Lexion» одним нажатием кнопки комбайнер переключается с выгрузки длинностебельной соломы на её измельчение — и обратно. Гидравлика приводит направляющий щиток для соломы в соответствующее положение, а привод соломоизмельчителя включается и выключается автоматически.

При сохранении длинностебельной соломы благодаря щадящему процессу обмолота и сепарации зерна с использованием молотильной системы APS, многопальцевой системы сепарации остаточного зерна (MSS) и клавишных соломотрясов структура соломы полностью сохраняется. Солома укладывается в рыхлый впускенный валок, равномерно просыхает и безо всяких потерь подбирается пресс-подборщиком

При включении измельчителя точную резку соломы производит устройство Special Cut II, которое равномерно распределяет её по всей ширине захвата жатки. 88 ножей вместе с поперечным ножом, гребёнкой-противорезом и бесступенчато регулируемым тёрочным элементом гарантируют получение короткой сечки, которая быстро перегнивает.

При проведении измельчения соломы следует иметь в виду, что в зонах недостаточного увлажнения после разбрасывания измельченной соломы необходимо вносить азотные удобрения, которые ускоряют процесс разложения соломы в почве.

После завершения на поле уборки зерновой части урожая приступают к уборке соломы. Уложенная в рыхлый впускенный валок солома, безо всяких потерь подбирается пресс-подборщиком ПРФ агрегатируемым трактором тягового класса 1.4.

2. 2 Технологические расчеты

2.2.1 Расчет пропускной способности наклонной камеры

При расчете загрузки уборочной машины определяют массовые подачи в 1 с: зерна, соломистой части растений.

Подачу зерна определяют по формуле:

$$q_3 = B \cdot V \cdot A_3, \quad (2.1)$$

где B – ширина захвата жатки, м;

V - скорость движения, м/с;

A_3 - урожайность зерна, кг/м².

Подставляя соответствующие значения определяем:

$$q_3 = 9 \cdot 1,94 \cdot 0,25 = 4,37 \text{ кг/с.}$$

Подача соломы вычисляется по формуле:

$$q_c = q_3 \cdot \beta / (1 - \beta) = B \cdot V \cdot A_3 \cdot \beta / (1 - \beta), \quad (2.2)$$

где q_3 – подача зерна, кг/с;

β - коэффициент соломистости.

Коэффициент соломистости убираемых хлебов изменяется в широких пределах: он больше для длинностебельных малоурожайных культур и меньше для короткостебельных хлебов с большой урожайностью зерна.

При проектировании молотилок зерноуборочных комбайнов и при оценке их работы принимают $\beta = 0,6$. Тогда подача соломы:

$$q_c = 4,37 \cdot 0,6 / (1 - 0,6) = 6,56 \text{ кг/с.}$$

Фактическая подача определяется:

$$q_{cp} = q_3 + q_c = \frac{q_c \cdot 1}{1 - \beta}, \quad (2.3)$$

где q_3 – подача зерна, кг/с;

β - коэффициент соломистости.

После подстановки соответствующих значений имеем:

$$q_{cp} = 4,37 \cdot 1 / (1 - 0,6) = 10,9 \text{ кг/с.}$$

Таким образом рассчитаны основные параметры пропускной способности наклонной камеры с учетом пропускной способности молотильного аппарата.

2.2.2 Расчет привода проставки наклонной камеры

Частота вращения вала наклонной камеры Lexion-560 199 мин⁻¹. Увеличим частоту вращения на 20% - 239 мин⁻¹. Проставка будет работать в этих пределах.

Угловую скорость определяет по формуле:

$$W = \pi \cdot n / 30, \quad (2.4.)$$

где π – число «пи»,

n – частота вращения вала проставки, мин^{-1} .

Тогда имеем:

$$W_1 = 3,14 \cdot 199 / 30 = 20,8 \text{ рад/с.}$$

$$W_2 = 3,14 \cdot 2339 / 30 = 25,5 \text{ рад/с.}$$

Кинематический режим определяется:

$$K = r \cdot W^2 / g, \quad (2.5)$$

где r – радиус коена вала, м;

W – угловая скорость, рад/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 . [7].

Подставляя имеющиеся значения получаем:

$$K_1 = 0,06 \cdot 20,8^2 / 9,81 = 2,64$$

$$K_2 = 0,06 \cdot 25,0^2 / 9,81 = 3,82.$$

Средняя скорость движения хлебной массы I_C практически одинакова по всей длине клавиши. График функции $I_C(k)$ близок к линейному (рис2.1.). Увеличение скорости I_C с одной стороны уменьшает толщину слоя соломы при одинаковой загрузке соломотряса, а с другой – сокращает время пребывания ее на соломотрясе. Снижение скорости приводит как к увеличению толщины слоя соломы, так и к увеличению продолжительности ее обработки на соломотрясе.

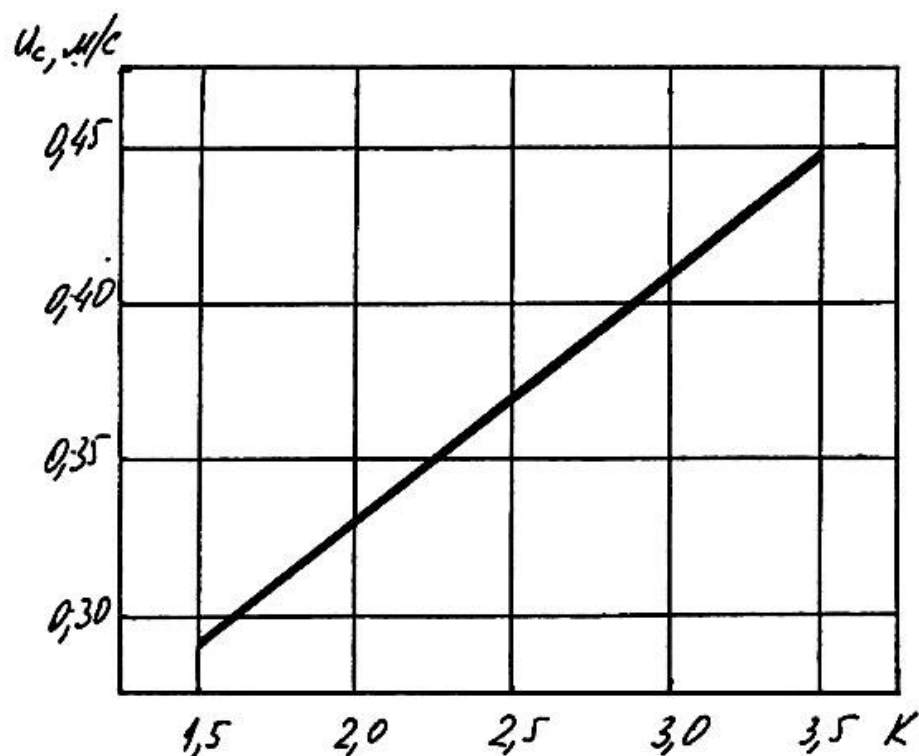


Рисунок 2.1 - Зависимость скорости движения соломы u_c по наклонной камере от показателя кинематического режима.

При $\kappa=1$ толщина слоя возрастает до такого значения, при котором сепарирующая способность становится низкой.

График изменения падения оборотов приводного вала приведен на рисунке 2.2.[5].

Частота вращения вала привода наклонной камеры, мин^{-1}

Из графика следует, что отклонение частоты вращения от оптимального значения ($W=199 \text{ мин}^{-1}$) увеличивает потери свободным зерном.

При эксплуатации комбайна средняя масса может подаваться не равномерно и прерывным потоком. Это обуславливается прежде всего неравномерностью урожайности, непостоянной рабочей шириной захвата комбайна, неточной регулировкой рабочих органов, транспортирующих хлебную массу.

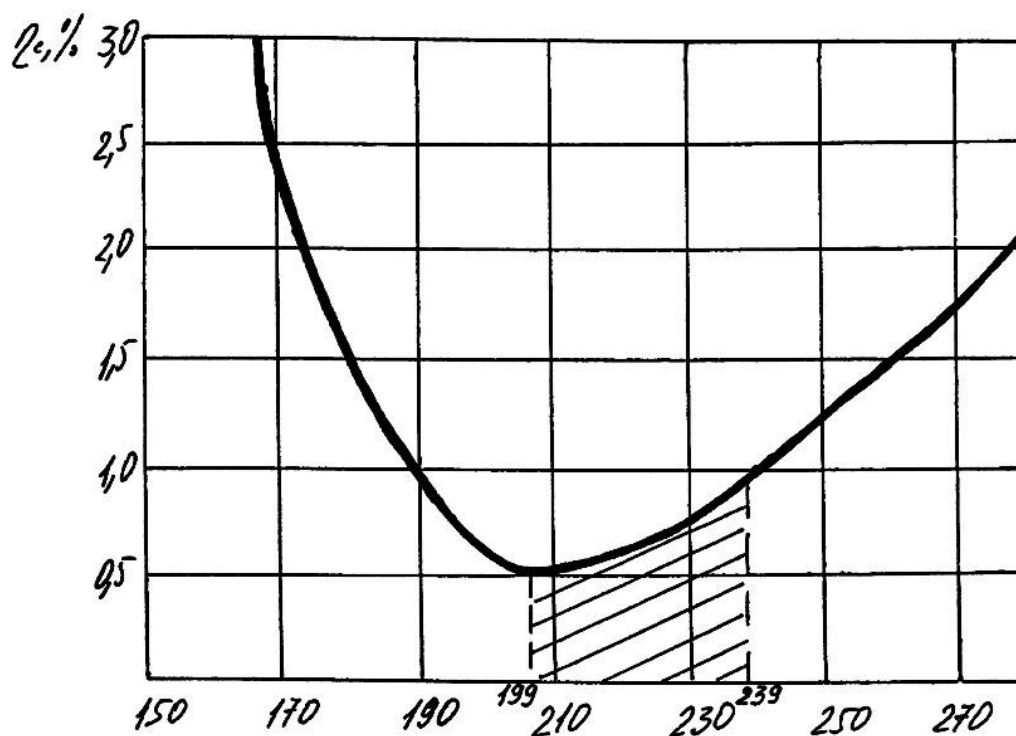


Рисунок 2.2. - График зависимости падения оборотов от частоты вращения коленчатого вала.

Колебание загрузки вызывает отклонение частоты вращения вала соломотряса от заданной. Значение отклонения зависит от запаса мощности двигателя комбайна. В процессе эксплуатации комбайнов нельзя допускать перегрузку двигателя, а также работу на заниженном скоростном режиме.

Таким образом, выполненные расчеты позволили обосновать приблизительные значения основных параметров модернизируемой наклонной камеры.

2.2.3 Расчеты по безопасной технологической эксплуатации комбайна

Расчет вентиляции рабочего места оператора.

Воздухообмен определяется по формуле:

$$W = n_p \cdot W_0, \quad (2.6)$$

где n_p – количество рабочих, чел.;

W_0 - расход воздуха на 1-го работающего, м³/ч [6] .

$$W = 1 \cdot 30 = 30 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Производительность вентилятора определяется по формуле:

$$W_{\text{в}} = \kappa_3 \cdot W, \quad (2.7)$$

где κ_3 – коэффициент запаса (1,3...2,0);

W - воздухообмен, м³/ч.

$$W_{\text{в}} = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Потеря напора определяется по формуле:

$$H_M = 0,5 \cdot \varphi_M \cdot V_{\text{ср}} \cdot \rho_B, \quad (2.8)$$

где φ_M – коэффициент местных потерь, напора;

$V_{\text{ср}}$ - средняя скорость воздуха, м/с;

ρ_B - плотность воздуха, кг/м³.

$$H_M = 0,5 \cdot 3 \cdot 10^2 \cdot 1,206 = 181 \text{ Мпа}.$$

Выбираем: вентилятор $N3$; КПД- $\eta_B = 0,45$; безразмерное число $A = 2500$.

Количество оборотов вентилятора определяется по формуле:

$$n_{\text{в}} = \frac{A}{N} \quad (2.9)$$

где A – безразмерное число;

N - номер вентилятора. [6].

$$n_{\text{в}} = 2500/3 = 833 \text{ об/мин}.$$

Мощность электродвигателя определяется по формуле:

$$P_{\text{дв}} = \frac{H_M \cdot W_B}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{п}}} \quad (2.10)$$

Где H_M – потеря напора, Мпа;

W_B - производительность вентилятора, м³/ч;

η_B - коэффициент полезного действия вентилятора;

$\eta_{\text{п}}$ - коэффициент полезного действия передачи. [6]:

$$P_{дв} = \frac{181 \cdot 45}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,45 \cdot 0,} = 0,005 \text{ кВт.}$$

Таким образом, выполненные расчеты позволили обосновать приблизительные значения основных параметров модернизируемой наклонной камеры и некоторые эргономические параметры.

2.3 Безопасность жизнедеятельности при работе на модернизированном зерноуборочном комбайне типа Лексион.

Общие требования безопасности

1. К работе на комбайне допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие удостоверение тракториста-машиниста.
2. Перед началом уборочных работ комбайнер проходит инструктаж непосредственно на рабочем месте и расписывается в журнале регистрации инструктажей.
3. Необходимо выполнить только ту работу, которая поручена администрацией, и при условии, что безопасные приемы ее выполнения хорошо известны.
4. Перед началом работы надеть комбинезон, головной убор и при необходимости защитные очки.
5. Нельзя переодеваться вблизи вращающихся деталей механизмов.
6. При работе, регулировках, устранении неисправностей и т.д. следует применять только те методы, которые обеспечивают безопасность.
7. Проверку состояния участков полей, разбавку на загоны, проведение прокосов, обкосов и т. д. производить в светлое время дня.
8. Запрещается устанавливать на комбайне дополнительные сиденья.
9. Запрещается приступать к управлению комбайном в состоянии хотя бы легкого алкогольного опьянения.
10. Получить от руководителя задание и маршрут движения комбайна, изучить рельеф убираемого участка, места поворотов и переездов.

11. Убедиться в отсутствии людей на комбайне, дать сигнал, запустить двигатель и проверить работу всех механизмов на различных режимах.

12. Заводить двигатель комбайна должен только комбайнер.

13. Запрещается заводить комбайн буксированием и скатыванием с горы.

14. Перед троганием с места проверить, не угрожает ли кому-нибудь движение комбайна, после чего дать сигнал и начать движение.

15. Не передавать управление комбайном лицам, не закрепленным за данным комбайном.

16. Не допускать нахождения людей на работающем комбайне.

17. Проверять и регулировать рабочие органы и механизмы, надевать и натягивать ремни, цепи, устранять неисправности и т. п. следует только при заглушенном двигателе. Во время выполнения этих работ на рулевом колесе оставлять четкую табличку «Не включать! Работают люди!».

18. Во время движения комбайна запрещается оставлять его без управления.

19. Запрещается управлять комбайном стоя.

20. Постоянно наблюдать за жаткой и барабаном, на которые происходит наматывание соломистой массы, и своевременно очищать их. Удалять забившуюся массу следует при помощи специальных крючков и обязательно в рукавицах.

21. При выгрузке зерна запрещается залезать в бункер комбайна и проталкивать зерно к выгрузному шнеку ногами, руками или металлическими предметами. Для этого нужно пользоваться деревянной лопатой.

22. Не разрешается располагаться на отдых, в том числе и кратковременный, в копнах, на валках, у комбайнов и под ними, а также на обочинах полевых дорог вблизи работающих агрегатов. Отдыхать надо только на специально отведенных местах за пределами убираемого участка.

23. Во время грозы работу на комбайне прекращают.

24. Нельзя перевозить какие-либо грузы в бункере комбайна.

25. Максимально допустимый уклон при транспортировке комбайна 10, при этом скорость движения комбайна должна быть не более 3...4 км/ч. На такой же скорости следует совершать повороты и развороты.

26. Запрещается выполнять какие-либо операции под комбайном на уклонах, если под колеса не подставлены упоры.

27. Нельзя находиться впереди режущего аппарата и позади измельчителя во время работы комбайна. Нельзя отвертывать штуцера гидросистемы при работающем двигателе.

28. Необходимо подавать звуковые сигналы перед пуском двигателя, включением рабочих органов и началом движения.

29. Нельзя работать при снятых ограждениях шкивов, звездочек, цепей и ремней.

30. Поставить комбайн на место стоянки, опустить жатку, затормозить его и под колеса подложить упоры.

31. Осмотреть и очистить комбайн от пыли и грязи, привести в порядок рабочее место.

32. При сдаче смены сообщить сменщику о техническом состоянии комбайна и рассказать об особенностях рельефа участка.

33. Снять и привести в порядок спецодежду, помыться.

34. При буксовании или сползании машины на склоне заглушите двигатель, затормозите машину, под колеса (гусеницы) подложите противооткатные упоры, сообщите руководителю работ

35. В случае соприкосновения комбайна с проводом линии электропередачи, не покидая рабочее место, немедленно остановите машину, сигналом привлечите внимание наблюдающего или ближайшего человека, которые должны сообщить о случившемся администрации или предприятию электрических сетей (ПЭС). До прибытия бригады не предпринимайте никаких самостоятельных действий. Если в результате электрического разряда машина загорелась, немедленно покиньте ее так,

чтобы не было одновременного соприкосновения человека с машиной и землей. Для этого прыгивайте на землю на обе сомкнутые ноги, не держась за машину, и удаляйтесь от нее прыжками на одной или двух сомкнутых вместе ногах на расстояние не менее 20 м. Примите меры, исключаящие подход людей к горящей машине, сообщите о случившемся руководителю работ. До прибытия специальной бригады не предпринимайте никаких мер для тушения пожара.

36. При пожаре комбайн остановите или выведите (отбуксируйте) в безопасное место, если это не угрожает вашей жизни, заглушите двигатель (прекратите подачу топлива), а очаг огня тушите огнетушителями или подручными материалами - песком, землей, брезентом, кошмой или мешковиной. Примите меры, чтобы огонь не распространился на топливный бак. Только убедившись в отсутствии помощи и невозможности самостоятельно справиться с пожаром, отойдите от машины на безопасное расстояние и примите меры для избежания подхода к ним людей.

За нарушение правил безопасности труда комбайнер несет дисциплинарную и материальную ответственность.

Правила противопожарной безопасности.

1. На каждом комбайне должны быть исправные огнетушители, лопата и швабра.

2. Выпускной коллектор двигателя должен быть огражден металлическим щитом или сеткой от солоmistых частиц.

3. На клеммах переходных колодок генератора, аккумулятора, стартера и других электрических устройств должны быть изолирующие колпачки.

4. Для снятия электрических зарядов с комбайна необходимо надежно закрепить заземляющую цепь на балке моста ведущих колес.

5. Нужно следить за тем, чтобы топливо, вытекающее из дренажных трубок, не попадало на детали комбайна.

6. Засорившиеся топливопроводы следует очищать только при остывшем двигателе комбайна.

7. Топливный бак следует заправлять на пахоте или на дороге при заглушенном двигателе при помощи заправочного агрегата.

8. Нельзя допускать перегрева двигателя.

9. Запрещается курить на комбайнах и на убираемых загонах.

10. Воспламенившиеся нефтепродукты следует тушить огнетушителем, забрасывать землей, забивать шваброй.

11. Нужно систематически проверять быстровращающиеся валы, чтобы выяснить, не намоталась ли на них солома и не возникает ли зона опасного трения. Намотавшуюся на валы солому следует немедленно удалять.

12. Нужно систематически наблюдать за комбайном и окружающей его зоной, чтобы быть уверенным в отсутствии какой-либо пожарной опасности.

Безопасность жизнедеятельности и особенности уборки зерновых культур в чрезвычайных ситуациях

Безопасность жизнедеятельности, при чрезвычайных ситуациях представляет собой систему мероприятий по обеспечению защиты населения и повышению устойчивой работы промышленности при возникновении сложных условий, угрожающих жизни человека.

К этим мероприятиям относятся:

- инженерно-технические мероприятия, которые предусматривают повышение устойчивости объекта путем изменения технологического режима, исключающего возможность возникновения вторичных поражающих факторов.
- Создание и поддержание в готовности средства оповещения и связь.
- развитие системы разведки, наблюдения и контроля за окружающей средой.
- Накопление с установленным порядком фонда запасных средств, поддержание его в готовности.

- Поскольку с течением времени наземная часть растений очищается, уборку следует проводить в возможно более поздние допустимые агротехнические сроки. В первую очередь урожай убирают с наименее загрязненных полей. Урожай, полученный с полей, имеющих разную степень радиоактивного заражения, складывают отдельно. Зерновые убирают прямым комбайнированием на возможно более высоком уровне с измельчением соломы и складированием ее вблизи убранных участков. При необходимости работы в поле ведут вахтовым методом.

- Весь урожай, исходя из прогнозируемой степени загрязнения радиационных веществ и существующих санитарных норм безопасности, сортируют по группам: на продовольственные цели, на кормовое использование, на технологическую переработку. Допустимое содержание радиационных веществ в последующей группе увеличивается в 10 раз. Продукцию растениеводства, имеющую высокую степень поверхностного или структурного радиоактивного загрязнения, перерабатывают. Полученный из зерновых культур крахмал в 50 раз, а спирт в 1000 раз чище исходного продукта.

Экологическая безопасность

При уборке урожая комбайнами типа «Lexion» надо уменьшать пустые проезды по полю, что приводит к уменьшению уплотнения почвы и разрушения структуры почвы.

Учет и контроль за выбросами отработанных газов необходимо проводить по ГОСТ 17.22.03-77, выхлопные газы дизельных двигателей по ГОСТ 17.22.01-84 законом РСФСР (РТ) «Об охране атмосферного воздуха» от 14.06.82г. Учет и контроль за выбросами воды необходимо проводить по ГОСТ 17.10-84 «Использование и охрана вод».

2.4 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор обеспечения производительности труда. С учётом преобладания умственного или

физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Обоснование схемы новой конструкции

Опыт эксплуатации самоходных зерноуборочных комбайнов CLAAS свидетельствует об их эффективной работе на высокоурожайных полях. Однако, как показывает практика, при уборке влажных и засоренных хлебов производительность комбайна резко снижается. Учитывая четко определенные и сжатые сроки уборки этого нельзя допускать.

Целью новой конструкции проставки жатки является повышение производительности комбайна за счет увеличения его скорости движения и уменьшения времени простоев по причине забивания жатвенной части, а также снижение уровня потерь зерна за комбайном путем равномерной подачи хлебной массы в молотильно – сепарирующее устройство.

Указанная цель достигается тем, что в соединение жатка – наклонный транспортер комбайна монтируется промежуточное звено – проставка,

снабженная пальчиковым эксцентриковым механизмом. Данная схема обеспечит устойчивую подачу хлебной массы от шнека к планчатому транспортеру наклонной камеры и исключит наматывание стеблей на шнек жатки, а также накапливание хлебной массы перед наклонным транспортером. Захватив стебли, подаваемые шнеком жатки, пальцы перемещают их к наклонному транспортеру, затем постепенно входят в цилиндр проставки, поэтому стебли свободно сходят с пальцев, цепляются планками транспортера и подаются в молотильно – сепарирующее устройство, где происходит их дальнейший обмолот и разделение.

3.2 Расчет деталей, узлов конструкции

3.2.1. Кинематический расчёт привода проставки

Исходные данные:

$D_1=300$ мм - диаметр приводного барабана наклонной камеры;

$D_2=330$ мм - диаметр приводного барабана проставки;

$D_3=510$ мм - диаметр шкива привода наклонной камеры;

$n_3=722,5$ об/мин – частота вращения приводного шкива наклонной камеры;

$n_1=425$ об/мин – частота вращения барабана наклонной камеры;

Найдём угловую скорость для барабана наклонной камеры по формуле:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \quad (3.1)$$

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 425}{30} = 44,5 \text{ рад/с}.$$

Как известно диаметр связан с угловой скоростью обратной пропорцией:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (3.2)$$

Тогда:

$$\omega_2 = \frac{D_1 \cdot \omega_1}{D_2} \quad (3.3)$$

$$\omega_2 = \frac{300 \cdot 44,5}{330} = 40,45 \text{ рад/с}.$$

По формуле 3.4, применительно шкива привода наклонной камеры находим частоту вращения шкива привода проставки:

$$\frac{D_1}{D_3} = \frac{n_1}{n_3}, \quad (3.4)$$

Тогда:

$$n_3 = \frac{D_3 \cdot n_1}{D_1} \quad (3.5)$$

Подставив значения получим:

$$n_3 = \frac{510_3 \cdot 425}{300} = 722,5 \text{ об/мин}.$$

В ходе расчёта мы получили исходный параметр – частоту вращения приводного шкива проставки.

Для надёжности на двухручье шкив присоединяем звёздочку, то есть привод вращения проставки осуществляется через цепную передачу.

3.2.2 Расчёт цепной передачи.

Определим момент на валу барабана:

$$T = F_t \cdot r, \quad (3.6)$$

где, F_t - касательная сила в зацеплении, Н;

r - радиус зацепления, м (0,41м).

$$F_t = \frac{f \cdot \gamma \cdot L \cdot g \cdot H + f_{np} \cdot F_n \cdot 13}{\eta_n}, \quad (3.7)$$

где, f - Коэффициент трения стеблей о сталь;

γ - Насыпная масса стеблей, т/м³;

g - Ускорение свободного падения, Нм;

H - Ширина захвата проставки, м;

f_{np} - Приведённый коэффициент трения для пальцев;

L - Длина дуги днища проставки, м;

F_n - Сила сопротивления пальца движению, Нм.

Подставив значения получим:

$$F_t = \frac{0,6 \cdot 25 \cdot 0,4 \cdot 9,81 \cdot 1,64 + 0,4 \cdot 20 \cdot 13}{0,97} = 200,53 \text{ Н}.$$

$$T = 200,53 \cdot 0,41 = 82,2 \text{ Нм}.$$

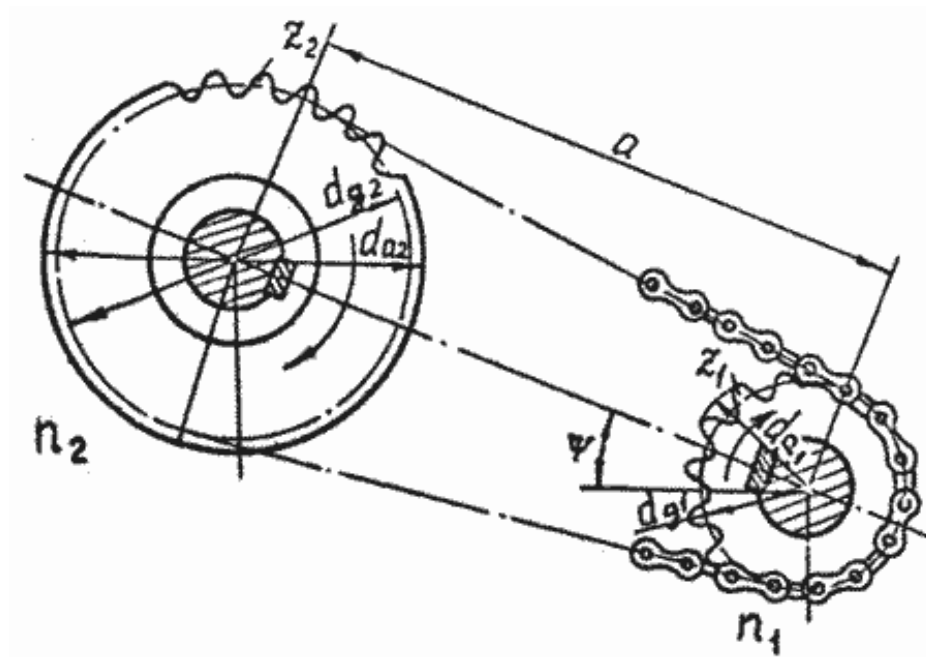


Рисунок 3.1-Схема зацепления зубчатой передачи

Определим передаточное число передачи по формуле:

$$U = \frac{n_2}{n_1} \quad (3.8)$$

$$U = \frac{722,5}{386} = 1,87.$$

Предварительное значение шага однорядной цепи определяется (в мм) по формуле:

$$P' = 4,5(T_1)^{1/3} \quad (3.9)$$

$$P' = 4,5(82,2)^{1/3} = 19,56.$$

Полученные значения шага определяют до ближайшего по стандарту и находят (см. таб. 3.1) значение площади проекции опорной поверхности шарнира однорядной цепи, соответствующей этому шагу.

Таблица 3.1 – Цепи приводные однорядные по ГОСТ 13568-75

Обозначение цепи	A, мм ²	Обозначение цепи	A, мм ²
ПР-8-480	11	ПР-19,05-3180*	105,8
ПР-9,525-910	28	ПР-25,4-5670*	179,7
ПР-12,7-900-1	16,5	ПР-31,75-8850*	262
ПР-12,7-900-2	21,2	ПР-38,1-12700*	394,3
ПР-12,7-1820-1	39,6	ПР-44,5-17240*	473
ПР-12,7-1820-2*	50,3	ПР-50,8-22680*	646
ПР-15,875-2270-1	54,8	ПР-63,5-35380	1000
ПР-15,875-2270-2*	70,9		

Число зубьев ведущей звездочки для передач, у которых $u \leq 5$ определяют по эмпирической формуле:

$$Z_1 = 29 - u \quad (3.10)$$

$$Z_1 = 29 - 1,82 = 27 \text{ шт.}$$

Определение давления в шарнире цепи производится по формуле:

$$\sigma = \frac{K_{\sigma} \cdot F_t}{A \cdot m_p} \quad (3.11)$$

где A - площадь проекции опорной поверхности шарнира однорядной цепи, мм² (см. табл. 1);

m_p - коэффициент рядности, $m_p = 1$ при однорядной цепи, $m_p = 1,7$ при двухрядной цепи $m_p = 2,5$ при трёхрядной цепи;

[$\square$] - допускаемое давление в шарнире цепи (см. табл. 2);

F_t - окружная сила, передаваемая цепью, Н приближенное значение ее определяют по формуле $F_t = 6,28 \cdot 10^3 \cdot T_1 / (z_1 \cdot p)$

K_z - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации цепи,

$$K_z = K_d \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_{рег} \cdot K_{см} \cdot K_{реж} \quad (3.12)$$

здесь K_d - коэффициент динамичности нагрузки, $K_d=1$ при нагрузке без толчков и ударов (ленточные и цепные транспортеры, вентиляторы); $K_d=1,2 \dots 1,5$ при нагрузке с ударами небольшой интенсивности (компрессоры, автоматические печи, металлорежущие станки), $K_d=1,6 \dots 1,9$ при нагрузке с сильными ударами (прессы, дробилки, прокатные станы, вибраторы);

K_a - коэффициент межосевого расстояния;

K_n - коэффициент наклона линии центров, $K_n=1$ при $\alpha=0 \dots 60^\circ$;

$K_n=1,25$ при $\alpha=60 \dots 90^\circ$;

$K_{рег}$ - коэффициент регулировки натяжения цепи, $K_{рег}=1$, если регулировка автоматическая, $K_{рег}=1,25$ при передаче с нерегулируемым натяжением;

$K_{см}$ - коэффициент смазывания; $K_{см} = 0,8$, если смазывание цепи обильное (масляная ванна), $K_{см} = 1$ при непрерывном смазывании цепи при помощи капельницы; $K_{см} = 1,5$ при нерегулярном смазывании цепи;

$K_{реж}$ - коэффициент режима, $K_{реж}=1$ при работе привода в одну смену, $K_{реж}=1,25$ при работе привода в две смены, $K_{реж}=1,45$ работе привода в три смены.

Подставив значения получим:

$$K_z = 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,45 = 4,35.$$

$$\sigma = \frac{4,35 \cdot 200,5}{105,8 \cdot 1} = 8,24$$

Данное значение для выбранной цепи меньше рекомендуемого (21МПа), значит цепь подобрана правильно.

Число зубьев ведомой звездочки:

$$Z'_2 = u \cdot Z_1 \quad (3.13)$$

$$Z'_2 = 1,82 \cdot 27 = 49,14$$

Значение Z'_2 округляют до целого, желательно нечетного числа Z . Число зубьев большей звездочки не должно превосходить 120. Ограничение связано с увеличением шага цепи при ее износе. Принимаем $Z'_2 = 50$.

Передаточное число цепной передачи:

$$u = Z_2 / Z_1 \quad (3.14)$$

$$u = 50 / 27 = 1,85.$$

Делительный диаметр ведущей звездочки (в мм)

$$d_{g1} = P / \sin(180/Z_1) \quad (3.15)$$

$$d_{g1} = 19,05 / \sin(180/27) = 50,91 \text{ мм.}$$

Делительный диаметр ведомой звездочки (в мм)

$$d_{g2} = P / \sin(180/Z_2) \quad (3.16)$$

$$d_{g2} = 19,05 / \sin(180/50) = 42 \text{ мм.}$$

Потребное число звеньев цепи

$$W = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2a}{P} + \left(\frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 \cdot \frac{P}{d'} \quad (3.17)$$

$$W = \frac{27+50}{2} + \frac{2 \cdot 685}{19,05} + \left(\frac{27+50}{2} \right)^2 \cdot \frac{19,05}{15,88} = 89,5$$

$$a = \frac{P}{4} \left[W - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(W - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{Z_1 + Z_2}{2 \cdot \pi} \right)^2} \right] \quad (3.18)$$

$$a = \frac{19,05}{4} \left[89,5 - \frac{27+50}{2} + \sqrt{\left(89,5 - \frac{27+50}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{27+50}{2 \cdot 3,14} \right)^2} \right] = 682_{мм}$$

Нагрузку на валы звездочек определяют по формуле:

$$F_B = K_B \cdot F_t \quad (3.19)$$

где $K_B = 1,15$ при угле наклона передачи к горизонту менее 60° ; $K_B = 1,05$ при угле наклона передачи к горизонту более 60° ;

$$F_B = 1,15 \cdot 200,5 = 230,575 \text{ Н.}$$

Полученные значения использованы при выполнении чертежей.

3.2.3 Расчёт шпонки.

Для расчёта шпонок представим схему шпоночного соединения звездочки привода вала проставки.

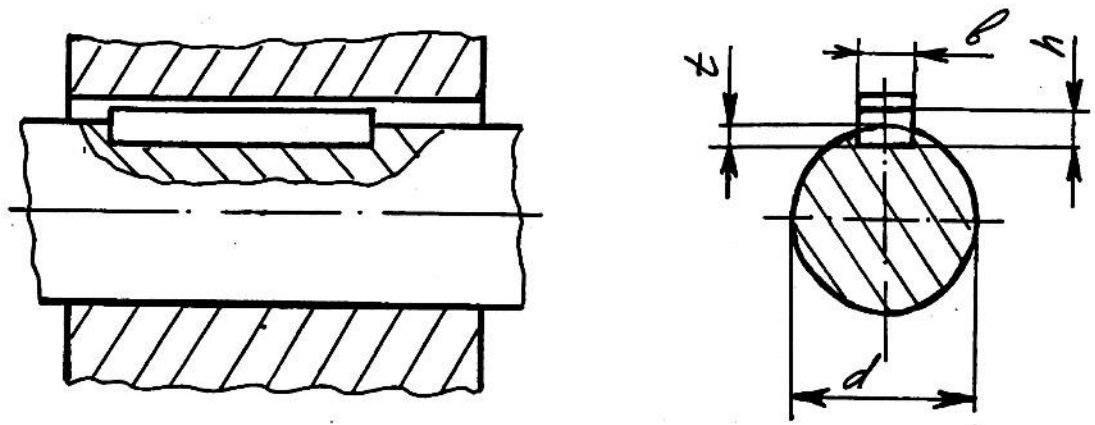


Рисунок 3.2 - Размеры сечений шпонок.

Шпонку привода проверяем на смятие: шпонка 10x8x50 ГОСТ 8788-68.

Размеры сечений шпонки (рисунок 3.7.): $d=35$ мм, $h=8$ мм, $t=5$ мм, $l_p=40$ мм.

$$\sigma_{см} = 2 \cdot \frac{T}{d} \cdot (h-t) \cdot l_p < [\sigma] \text{ см}, \quad (3.20)$$

где T – передаваемый момент, Н*м;

d - диаметр вала, м;

h - высота шпонки, мм;

t - глубина паза вала, мм;

l_p - рабочая длина, мм.

$[\sigma]$ см - допустимое напряжение смятия, Н/мм². [12].

$$\sigma_{см} = 2 \cdot 200,5 / 0,035 \cdot (8-5) \cdot 40 = 1375,85$$

$$\sigma_{см} = 1375,85 < 60000 \text{ Н/мм}^2$$

Таким образом, в результате выполненных конструкторских расчетов подобраны и установленные оптимальные конструктивные элементы разрабатываемой конструкции.

3.2.4 Расчёт мощности.

Мощность привода вращения проставки определится по формуле:

$$P = \frac{F_t \cdot V}{\eta_{np}}, \quad (3.21)$$

Где V - скорость перемещения скошенной массы через проставку;
 η_{np} - КПД привода ($\eta_{np}=0,96$).

$$V = \omega \cdot r, \quad (3.22)$$

где r - радиус барабана проставки.

Подставив значения в формулы получим:

$$V = 40,45 \cdot 0,165 = 6,67 \text{ м/с}$$

$$P = \frac{200 \cdot 6,67}{0,96} = 1389 \text{ Вт}$$

В ходе расчёта мы получили расчётную мощность на привод вращения проставки, она составила 1,4 кВт. Мощность не настолько велика чтобы изменять и пересчитывать характеристики комбайна.

3.2.5 Расчёт вала на кручение.

Вал рассчитывается на прочность и жесткость. Напряжение кручения под действием моментов:

$$\sigma_k = M/W_T, \quad (3.23)$$

где W_T — полярный момент сопротивления трубы

D — наружный диаметр вала

$$W_T = 3,14 \cdot (0,03^4) / 16 \cdot 0,08 = 0,000049 \text{ м}^3 \cdot \text{Г}$$

$$\sigma_k = 82 / 0,000049 = 1559322 \text{ Н/м}^2$$

Изгибающий момент на валу согласно усилий в соединении:

$$M_{\text{и}} = M \cdot \sin \alpha,$$

Где α - рабочий угол в шарнире, или угол провисания.

$$M_{\text{и}} = 90 \cdot \sin 5^\circ = 15,97 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Наибольшее напряжение по 1-ой теории прочности:

$$\sigma_1 = (\sigma_{\text{и}} + \sqrt{\sigma_{\text{и}}^2 + 4\sigma_{\text{пр}}^2}) / 2$$

$$\sigma_{\text{и}} = M_{\text{и}} / W_T, \text{ где}$$

W_T - осевой момент сопротивления сечения трубы.

Напряжения изгиба не должны превышать 300 МПа.

$$W_T = \Pi * D^2 / 32$$

$$W_T = 3,14 * 0,03^4 / 32 = 0,000029 \text{ Н*м}$$

$$\sigma_{\text{и}} = 15,97 / 0,000029 = 550689 \text{ Н*м}$$

$$\sigma_1 = (550689 + \sqrt{550689^2 + 4 * 1559322^2}) / 2 = 1583445 \text{ Н/м}^2$$

$$\epsilon^\circ = 180^\circ * M * L / Y_T * G * \Pi, \text{ где}$$

Y_T - полярный момент инерции сечения, м^4

G - модуль упругости, для стали $G = 750000 \text{ Н/см}^2$

L - длина вала, м

$$Y_T = \Pi * D^4 / 32$$

$$Y_T = 3,14 * (0,03^4) / 32 = 0,000002 \text{ м}^4$$

$$\epsilon^\circ = 180^\circ * 92 * 0,6 / 0,000002 * 750000 * 3,14 = 0,3^\circ$$

Условия жесткости вала при кручении $\epsilon^\circ \leq 3 \dots 9^\circ$ на 1 м длины вала.

Условие выполняется.

3.2.6 Расчет защитного кожуха.

Чтобы исключить разбрасывание измельченных частиц, пыли необходимо рассчитать защитный кожух.

Чтобы выдержать нагрузки от отлетающих частиц кожух должен быть прочным.

В общем виде это определяется из выражения:

$$mv^2 \leq \frac{\delta^2 \cdot l \cdot S \cdot g}{g \cdot E}, \quad (3.24)$$

где m - масса отлетающих частиц, кг;

v - скорость частиц, м/с;

$[\delta]$ - допускаемое напряжение на изгиб кожуха, Н/м²;

l - длина кожуха, м;

g - ускорение свободного падения частиц, м/с²;

E - модуль упругости материала прутка, Н/м².

Подставляя в выражение цифровые значения, получим:

$$0,5 \cdot 12,4^2 \leq \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 2,4 \cdot 0,062 \cdot 9,8}{9 \cdot 450 \cdot 10^6}$$

$$76,88 \leq 57,6 \cdot 10^6$$

Таким образом, выполненные расчеты обеспечат безопасную работоспособность модернизированной конструкции проставки зерноуборочного комбайнов типа Лексион.

3.3 Требования к безопасности конструкции

Безопасность предлагаемой конструкции обеспечивается в соответствии с "Едиными требованиями к конструкции тракторов и сельскохозяйственных машин по безопасности и гигиене труда".

В процессе разработки предполагаемой конструкции, были использованы и учтены соответствующие ГОСТы, нормативные

документы, учебные пособия и другие источники по безопасности труда. Обязательными из них являются следующее:

1. Единые требования к конструкции тракторов и СХМ по безопасности и гигиене труда.

2. Единые требования безопасности и производственной санитарии к конструкции ремонтно-технологического оборудования оснастке и технологическим процессом ремонта сельскохозяйственной техники.

3. На разработанной мною проставке нужно написать опознавательные окраски и знаки безопасности с требованием ГОСТ 12.4.026–76; ГОСТ 14.202–69.

4. На не окрашиваемых поверхностях деталей нанесена смазка. Конструкция окрашена в коричневый цвет.

5. Конструкция проставки предусматривает специальные приемы для обеспечения безопасности при погрузке–разгрузке, транспортировании, работе культиватора.

6. Рабочие органы защищены надежными кожухами, предохраняющие обслуживающий персонал от комьев земли.

7. Расположение и конструкция узлов и механизмов трактора и комбинированного культиватора обеспечивает обзорность рабочей зоны, удобный доступ к ним, безопасность при монтаже, не затрудняет нормальную эксплуатацию и ремонт.

8. Передаточные механизмы доступные для случайного прикосновения персоналом, ограждены сплошными кожухами.

9. Допускается смена и регулировка рабочих органов только после принятия мер предупреждающих самопроизвольное опускание или падение рабочих органов. Габариты конструкции в транспортном положении обеспечивают безопасный и удобный проезд под линиями электропередачи.

10. Расположение и конструкция узлов проставки жатки должна обеспечивать удобный доступ к ним, безопасность при монтаже, эксплуатации и ремонте.

11. Комбайн должен быть снабжен люками для обслуживания проставки и транспортера наклонной камеры.

12. Узлы и детали гидросистемы проставки жатки должны быть надежными в работе, исключать течи, обрывы шлангов.

13. Ограждение вращающихся узлов и механизмов проставки и транспортера должны быть легкоъемными.

14. Наклонный транспортер должен быть снабжен устройством автоматической сигнализации для предупреждения забивания соломой и предохранительной муфтой.

В конструктивной части данного дипломного проекта были проведены прочностные расчеты сварных соединений рамы катка и его вала с повышенными коэффициентами запаса прочности, что исключает возможность их разрушения и повышает безопасность труда.

Экологическая безопасность при эксплуатации конструкции

Природа - это первоисточник удовлетворения материальных и духовных потребностей людей. Обращение с природой должно быть разумным и глубоко продуманным. Забота об охране окружающей среды, строгое соблюдение законодательств об охране окружающей среды, земли, лесов и вод, животного и растительного мира, атмосферного воздуха является одной из важнейших задач и общее дело всего народа.

Содержание вредных веществ в отработавших газах должна соответствовать ГОСТу 17.22,01-84 «Содержание дыма в дизельных двигателях».

При слесарных и кузнечных работах уровень шума должен соответствовать ГОСТу 17.11.01-84 «Допускаемые уровни шума».

В настоящее время в мастерских МТП не установлены

пылеуловители, катализаторы отработавших газов, бункер для металлолома.

За невыполнение операций по охране окружающей среды установлены административная и гражданская ответственность в виде штрафов. Выполнение контролируют представители М.О.О.С. и природных ресурсов РТ, на основании закона об охране окружающей среды и привлечением местных властей.

3.4 Экономическое обоснование конструкции

3.4.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле:

$$G=(G_K+G_T)\cdot K, \quad (3.25)$$

где G_K – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_T - масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K - коэффициент учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($K=1,05\dots 1,15$).

Таблица 3.2 - Расчет массы сконструированных деталей

№ пп	Наименование деталей.	Объём деталей, см ³ .	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
1	Рама	163,90	128,5	1	128,5
2	Барабан	63,78	50	1	50
3	Корпус подшипника	3,83	3	3	9
4	Кольцо стопорное	0,13	0,1	5	0,5
5	Звёздочка	1,53	1,2	1	1,2

6	Втулка	0,13	0,1	1	0,1
7	Вал	1,91	1,5	1	1,5
8	Вал	0,64	0,5	1	0,5
9	Ось	1,28	1	1	1
10	Палец	0,13	0,1	13	1,3
11	Втулка	0,13	0,1	13	1,3
12	Обойма	0,09	0,07	13	0,91
13	Обойма	0,06	0,05	13	0,65
14	Крышка	0,26	0,2	3	0,6
15	Подвеска	0,13	0,1	2	0,2
16	шпонка	0,13	0,1	3	0,3
				75	260,56

Масса покупных деталей и цены на них представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Масса покупных деталей и цены

№ пп	Наименование деталей.	Количество.	Масса		Цены, руб.	
			Одного.	Всего.	Одного.	Всего.
1	Винты	82	0,07	5,74	10	820
2	Гайки;	76	0,021	1,596	10	760
3	Шайбы	98	0,009	0,882	5	490
4	Шплинты	14	0,012	0,168	5	70
5	Штифты	2	0,02	0,04	2,5	5
Итого;			8,426		2145	

$$G=(260+8,4) \cdot 1,15=309 \text{ кг} \quad (3.26)$$

Стоимость новой конструкции определяется по формуле:

$$C_{61} = \frac{C_{60} \cdot G_1}{G_0} \quad (3.27)$$

где C_{60} – балансовая стоимость старой конструкции, руб.;

G_1 - масса новой конструкции, кг;

G_0 - масса старой конструкции, кг.

$$C_{61} = \frac{11000000 \cdot 16570}{16343} = 11152800 \text{ руб.}$$

3.4.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

Таблица 3.4 – Исходные данные

Наименование	<i>Варианты</i>	
	Базовый	Проектируемый
Масса конструкции, кг.	16343	16570
Балансовая стоимость, руб.	11000000	11152800
Потребляемая мощность, кВт	266	266
Количество обслуживающего персонала, чел.	2	2
Разряд работы	V	V
Тарифная ставка, руб/ч – чел.	29,80	29,80
Норма амортизации, %	12,5	12,5
Норма затрат на Р и ТО, %	21,5	21,5

Годовая загрузка конструкции, час	500	500
Валовая продукция зерна, руб/на комбайн	1660825	2063433

Часовая производительность определяется по формуле:

$$W_4 = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (3.28)$$

где B_p – рабочая ширина захвата комбайна, м;

V_p - рабочая скорость движения комбайна, м/с;

τ - коэффициент использования рабочего времени смены [9].

$$W_{4I} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 2,27 \text{ ед/ч.}$$

$$W_{4I} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,94 \cdot 0,7 = 4,4 \text{ ед/ч.}$$

Энергоемкость процесса:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_4} \quad (3.29)$$

где N_e – потребляемая мощность, кВт;

W_4 - часовая производительность, ед/ч.

$$\mathcal{E}_{e0} = 266 / 2,27 = 117,2 \text{ кВт/ед}$$

$$\mathcal{E}_{eI} = 266 / 4,4 = 60,5 \text{ кВт/ед.}$$

Металлоемкость процесса:

$$M_c = \frac{G}{W_4} T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}} \quad (3.30)$$

где G – масса комбайна, кг

W_4 - часовая производительность, ед/ч;

$T_{год}$ - годовая загрузка комбайна, час;

$T_{сл}$ - срок службы, лет.

$$M_{c0}=16343/(2,27*500*8)=1,79\text{кг/ед.}$$

$$M_{c0}=16570/(4,4*500*8)=0,94\text{ кг/ед.}$$

Фондоемкость процесса:

$$F_e = \frac{C_6}{W_4 T_{сл} T_{год}} \quad (3.31)$$

где C_6 – балансовая стоимость комбайна, руб;

W_4 - часовая производительность, ед/ч;

$T_{год}$ - годовая загрузка комбайна, час;

$T_{сл}$ - срок службы комбайна, лет.

$$F_{e0}=11000000/(2,27*500*8)=1211,5\text{ руб/ед.}$$

$$F_{e0}=11152800/(4,4*500*8)=633,7\text{ руб/ед.}$$

Себестоимость работ определяется по формуле:

$$S=C_{зн}+C_{э}+C_{РТО}+A, \quad (3.32)$$

где $C_{зн}$ – затраты на оплату труда, руб/ед;

$C_{э}$ - затраты на ГСМ, руб/ед;

$C_{РТО}$ - затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/ед;

A - амортизационные отчисления, руб/ед.

Затраты на оплату труда:

$$C_{зн}=Z \cdot T_e, \quad (3.33)$$

где Z – тарифная ставка рабочего, руб/ч- чел;

T_e - трудоемкость процесса, чел-ч/ед.

Трудоемкость процесса:

$$T_e = \frac{n_p}{W_4} \quad (3.34)$$

Где n_p – количество обслуживающего персонала, чел;

W_4 - часовая производительность

$T_e = 2/2,27 = 0,88$ чел-ч/ед;

$T_e = 2/4,4 = 0,45$ чел-ч/ед.

$$C_{zn} = 29,80 * 0,88 = 26,2 \text{ руб/ед}; \quad (3.35)$$

$$C_{zn} = 29,80 * 0,45 = 13,41 \text{ руб/ед}.$$

Затраты на ГСМ:

$$C_{\varepsilon} = C_{ком} \cdot d_{ет}, \quad (3.36)$$

где $C_{ком}$ – комплексная цена топлива, руб/кг;

$d_{ет}$ – норма расхода топлива, кг/ед.

$$C_{\varepsilon 0} = 20 * 13,2 = 264 \text{ руб/ед};$$

$$C_{\varepsilon I} = 20 * 6,8 = 136,2 \text{ руб/ед}.$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание:

$$C_{PTO} = \frac{C_{\delta} \cdot H_{PTO}}{100 \cdot W_4} T_{год} \quad (3.37)$$

где C_{δ} – балансовая стоимость комбайна, руб;

H_{PTO} - норма затрат на ремонт и техническое обслуживание, %;

W_4 - часовая производительность, ед/ч;

$T_{год}$ - годовая загрузка, час.

$$C_{PTO0} = 11000000 * 21,5 / 100 * 2,27 * 500 = 2083,7 \text{ руб/ед};$$

$$C_{PTOI} = 11152800 * 21,5 / 100 * 4,4 * 500 = 1090 \text{ руб/ед}.$$

Амортизационные отчисления:

$$A = \frac{C_{\bar{o}} \cdot a}{100 \cdot W_4} T_{\text{год}} \quad (3.38)$$

где $C_{\bar{o}}$ – балансовая стоимость комбайна, руб;

a – норма амортизации, %;

W_4 – часовая производительность, ед/ч;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка, час.

$$A_0 = 11000000 \cdot 12,5 / (100 \cdot 2,27 \cdot 500) = 1211,5 \text{ руб/ед.}$$

$$A_0 = 11152800 \cdot 12,5 / (100 \cdot 4,4 \cdot 500) = 633,7 \text{ руб/ед.}$$

$$S_0 = 26,2 + 264 + 2083,7 + 1211,5 = 3585,4 \text{ руб/ед.}$$

$$S_1 = 13,4 + 136,2 + 1090 + 633,7 = 1873,3 \text{ руб/ед.}$$

Приведены затраты на работу конструкции:

$$C_{np} = S + E_H F_e \quad (3.39)$$

где S – себестоимость работ, руб/ед;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

F_e – фондоемкость процесса, руб/ед.

$$C_{np0} = 3585,4 + 0,15 \cdot 1211,5 = 3767,1 \text{ руб/ед.}$$

$$C_{np1} = 1873,3 + 0,15 \cdot 633,7 = 1968,4 \text{ руб/ед.}$$

Годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = ВП_1 - ВП_0, \quad (3.40)$$

где $ВП_1$ – валовая продукция зерна на один новый комбайн, руб;

$ВП_0$ – валовая продукция зерна на один базовый комбайн, руб.;

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 2063433 - 1660825 = 402608 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_H \cdot \Delta K, \quad (3.41.)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – годовая экономия, руб;

E_H - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

ΔK - дополнительные капитальные вложения, руб.

$\mathcal{E}_{\text{год}} = 402608 - 0,15 \cdot 270000 = 362108$ руб.

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{OK} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \quad (3.42)$$

Где ΔK – дополнительные капитальные вложения, руб;

$\mathcal{E}_{\text{год}}$ - годовая экономия, руб.

$T_{OK} = 270000 / 402608 = 0,67$ лет.

Коэффициент эффективности капитальных вложений:

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{T_{OK}} \quad (3.43)$$

где T_{OK} – срок окупаемости капитальных вложений, лет.

$$E_{\text{эф}} = 1 / 0,67 = 1,49$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции.

Наименование показателей	Варианты		Проо ектируемы й в % к базовому
	Базо вый	Прое ктируемый	
Трудоемкость процесса, чел- ч/ед.	0,88	0,45	51
Уровень эксплуатационных		1873,	52

затрат, руб/ед.	3585,4	3	
Уровень приведенных затрат, руб/ед.	3767, 1	1968, 4	52
Годовая экономия, руб.	-	4026 08	-
Годовой экономический эффект, руб.	-	3621 08	-
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	0,67	-
Коэффициент эффективности капитальных вложений.	-	1,49	-

Таким образом, выполненные расчеты показали экономическую эффективность модернизированной конструкции проставки для зерноуборочных комбайнов типа Лексион.

ВЫВОДЫ

Как показывает практика, при уборке влажных и засоренных хлебов производительность комбайна резко снижается. Это происходит из-за того, что приемный транспортер наклонной камеры не в полной мере стаскивает цепляющуюся за стенки жатки и шнек сплетенную сорняками хлебную массу и подача ее в молотильный аппарат становится порционной. Это приводит к снижению скорости комбайна, или даже к его полной остановки, до того периода, пока приемный транспортер не заберет всю накопившуюся хлебную массу, а также приводит к увеличению потерь за молотилкой, в следствии порционной подачи хлебной массы. Учитывая четко определенные и сжатые сроки уборки этого нельзя допускать.

В результате разработки новой конструкции проставки жатки обеспечивается повышение производительности комбайна за счет увеличения его скорости движения и уменьшения времени простоев по причине забивания жатвенной части, а также снижение уровня потерь зерна за комбайном путем равномерной подачи хлебной массы в молотильно-сепарирующее устройство.

Указанная цель достигается тем, что в соединение жатка – наклонный транспортер комбайна монтируется промежуточное звено – проставка, снабженная пальчиковым эксцентриковым механизмом. Данная схема обеспечит устойчивую подачу хлебной массы от шнека к планчатому транспортеру наклонной камеры и исключит наматывание стеблей на шнек жатки, а также накапливание хлебной массы перед наклонным транспортером. Захватив стебли, подаваемые шнеком жатки, пальцы перемещают их к наклонному транспортеру, затем постепенно входят в цилиндр проставки, поэтому стебли свободно сходят с пальцев, цепляются планками транспортера и подаются в молотильно – сепарирующее устройство, где происходит их дальнейший обмолот и разделение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т. 1-5-е изд., перераб. и доп. /В.И. Анурьев –М.: Машиностроение, 1980. – 728 с.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т. 2-5-е изд., перераб. и доп. /В.И. Анурьев –М.: Машиностроение, 1979. – 559 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т. 3-5-е изд., перераб. и доп. /В.И. Анурьев –М.: Машиностроение, 1980. – 557 с.

4. Габдрахманов И.Х., Нуруллин Э.Г. и др. Рекомендации по обеспечению качества уборки хлебов, послеуборочной обработки зерна и семян зерновых, зернобобовых и крупяных культур (рекомендации). Рекомендации по обеспечению качества уборки хлебов, послеуборочной обработки зерна и семян зерновых, зернобобовых и крупяных культур. – Казань: Издательско-полиграфическая компания, 2011. – 44 с.

5. Дмитриев, И.М., Курочкин, Г.Я. Гражданская оборона на объектах агропромышленного комплекса. / И. М. Дмитриев, Г. Я. Курочкин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с.

6. Песков, Ю.А., Мещеряков, И.К. Зерноуборочные комбайны «Дон» / Ю. А. Песков, И. К. Мещеряков, и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 333 с.

7. Канарев, Ф. М. И др. Охрана труда./Ф.М. Канарев– М.: Колос, 2012. – 351 с.

8. Кленин, Н. И., Сакун, В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы.-2-е изд., перераб. и доп. /Н.И. Кленин, В.А. Сакун– М.: Колос, 1980.-671 с.

9. Нуруллин Э.Г. Дипломное проектирование. (методические указания по специальности 311300 – Механизация сельского хозяйства) (учебно-методическая разработка). Казанская ГСХА, 2004 г.

10. Нуруллин Э.Г. Сельскохозяйственные машины (краткий курс лекций и тестовые задания). Учебное пособие для самостоятельной работы студентов. Казань, изд-во Казанского ГАУ, 2011 г. 120 с.

11. Нуруллин Э.Г. Сельскохозяйственные машины (конспекты лекций и оценочные средства). Учебное пособие для самостоятельной работы бакалавров укрупненной группы направления 35.00.00 «Сельское, лесное и рыбное хозяйство» и магистров направления 35.04.06 «Агроинженерия». Казань, изд-во Казанского ГАУ, 2014 г. 132 с.

12. Нуруллин Э.Г. Обзор и экономическая эффективность зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов. Оптимизация парка.

Слагаемые эффективного агробизнеса: обобщение опыта и рекомендации. Часть 1. Земледелие и растениеводство - Казань: ГНУ «Татарский НИИСХ РАСХН», 2005. С. 156 – 162.

13. Нуруллин Э.Г. и др. Основные направления развития сельскохозяйственной техники в Республике Татарстан Вестник Казанской государственной сельскохозяйственной академии. №1, 2006. С.50-52.

14. «Морозов, А. Ф. Зерноуборочные комбайны. Альбом. /А.Ф. Морозов – М.: Агропромиздат, 1991. – 208 с.

15. Чернавский, С.А., Снесарев, Г.А., Козинцев, Б.С. Проектирование механических передач: Учебно – справочное пособие для ВТУЗов / С. А. Чернавский, Г. А. Снесарев, Б. С. Козинцев и др.-5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

16. Руководство по эксплуатации комбайнов «CLAAS» LEXION 510-560.

17. Комарова, М.К. Уборка урожая комбайнами «Дон» / Сост. М. К. Комарова. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 220 с.