

БЕЛОВА Т.И., ЛАПИН А. П., СУХОВ С. С.,  
БЕЛОВ А.С., БУКИН С. В.

**ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ**

Брянск - 2010

ББК

Белова Т.И., Лапин А.П., Сухов С.С., Белов А.С., Букин С.В. Техническая безопасность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск. РИО БГУ, 2010. – 143 с.

ISBN

Монография посвящена одной из актуальных проблем сельскохозяйственного производства – повышению безопасности операторов сельскохозяйственной техники, имеющих в своей конструкции карданные передачи, за счет совершенствования предохранительных устройств карданных валов с использованием технических принципов охраны труда.

Монография предназначена для инженерно-технического персонала, занимающегося вопросами обеспечения безопасности труда работников сельскохозяйственного производства. Она также может быть использована в учебном процессе преподавателями, студентами и аспирантами по направлению 280100 «Безопасность жизнедеятельности».

Рецензенты:

Тотай А.В. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности и химии Брянского государственного технического университета;

Растягаев В.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры лесозаготовительного оборудования и технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии.

© Белова Т.И.,  
Лапин А.П.,  
Сухов С.С.  
Белов А.С.  
Букин С.В., 2010  
©РИО БГУ, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЛЕТАЛЬНОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЯГОВО-ПРИВОДНЫХ МАШИННО- ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ .....	6
1.1 Анализ летального травматизма в сельскохозяйственном производстве России, Украины, Белоруссии и Брянской области при эксплуатации картофелеуборочной техники .....	7
1.2 Анализ летального травматизма в сельскохозяйственном производстве России, Украины, Белоруссии и Брянской области при эксплуатации сельскохозяйственной техники в зонах карданных валов.....	9
1.3 Анализ летального травматизма в АПК России, Орловской и Брянской областей при использовании мобильной техники в зонах карданных валов.....	24
1.4 Анализ летального травматизма в АПК России, Орловской и Брянской областей при использовании кормоуборочной техники в зонах карданных валов .....	28
2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАХВАТА КАРДАНЫМИ ВАЛАМИ .....	41
2.1 Организационные и технические методы и средства повышения безопасности работающих в зонах карданных передач .....	41
2.2 Существующие направления совершенствования защиты работающих в зонах карданных валов .....	46
2.3 Управление безопасностью операторов картофелеуборочных агрегатов в зонах карданных валов .....	78
2.4 Создание перспективных средств защиты работающих от карданных валов .....	83
2.5 Обоснование предлагаемой конструкции и расчет параметров предохранительного устройства карданного вала .....	102

2.6 Статистическая оценка эффективности защиты предохранительного устройства при устранении технологических отказов в зонах карданных валов .....	112
<b>3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ НА КОРМОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКЕ В ЗОНАХ КАРДАННЫХ ВАЛОВ..</b>	<b>118</b>
3.1 Совершенствование конструкций предохранительных устройств карданных валов на базе оригинального защитного кожуха .....	118
3.1.1 Предохранительное устройство с частичной блокировкой зоны ограждения карданного вала .....	118
3.1.2 Предохранительное устройство с полной блокировкой зоны ограждения карданного вала .....	125
3.2 Классификация предохранительных устройств карданных валов машинно-тракторных агрегатов .....	130
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>134</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>136</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема безопасности жизнедеятельности во всех сферах деятельности является актуальной проблемой для любой страны. Россия в этом смысле не может быть в стороне от имеющихся проблем, хотя нестабильное экономическое положение в последние десятилетия не дает возможности держать ситуацию под контролем. Особенно это касается сельскохозяйственного производства, где уровни травматизма остаются высокими относительно других отраслей России. Одной из основных причин сложившейся ситуации являются конструктивные недостатки сельскохозяйственной техники.

По причине наличия большого количества неогражденных зон обслуживания сельскохозяйственной техники, имеющих карданные передачи, частости нахождения в этих зонах для устранения неисправностей или забиваний рабочих органов, происходят захваты и травмирование обслуживающего персонала, которые часто заканчиваются тяжелыми последствиями или гибелью. Поэтому представляется актуальным изыскание и оптимизация методов и технических средств снижения травмоопасности карданных валов. Существующие методы и средства пока не дали ощутимых результатов.

Целью данного исследования является повышение безопасности операторов сельскохозяйственной техники, имеющих в своей конструкции карданные передачи, за счет совершенствования предохранительных устройств карданных валов с использованием технических принципов охраны труда.

## **1 СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЛЕТАЛЬНОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЯГОВО-ПРИВОДНЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

За период времени с 1998 по 2007 гг. в агропромышленном производстве (АПК) России в результате несчастных случаев погибли 6659 работников, из которых 94,4% составили мужчины трудоспособного возраста [1].

Доля работников, занятых в АПК России, составляет 9 – 11 % от численности работающих в экономике России, на что приходится 33 – 38 % пострадавших, а 20 – 30 % – с летальным исходом. Наибольшая доля случаев приходится на сельское хозяйство, где численность работников составляет 83 % от общей численности в АПК, пострадавших – 88 %. Наиболее опасными отраслями являются растениеводство, животноводство, выполнение ремонтных работ и технического обслуживания машин и оборудования, на долю которых приходится 66,7 % числа погибших [2].

Основными источниками травмирования в механизированных процессах растениеводства являются мобильные машины и транспортные средства, на долю которых от общего количества погибших в растениеводстве с 1990 по 2001 гг. в среднем приходилось 97,3 %, причем около 13 % от таких травм были связаны с эксплуатацией комбайнов.

По результатам анализа травматизма Соединенных Штатов Америки (США) на долю комбайнов приходится 35% всех несчастных случаев, отмеченных при эксплуатации мобильных машин. Наибольший удельный вес несчастных случаев всех категорий тяжести связан с операциями очистки рабочих органов от технического продукта [3].

Согласно данным расследования несчастных случаев в сельском хозяйстве США растениеводство является также наиболее травмоопасной отраслью. Основные группы причин травмирования с летальным исходом – нарушение требований по охране труда 45,93 %, неудовлетворительная организация труда 36,7 %, эксплуатация неисправной техники и неудовлетворительное состояние

производственной среды 16,8 %, из них – 2,0 % приходится на неисправность ограждения карданного вала прицепной машины [3].

С 1991 по 1999 годы в фермерских хозяйствах России погибли 382 человека, 40,3 % из них - в отрасли растениеводства. Исследования материалов травмирования фермеров, членов семей и наемных работников по данным обследования Национального Совета безопасности (NSC) США выявило, что машины в 17,6 % случаях были источниками травмирования, причем доля тракторов в них – 26,7% [4].

### **1.1 Анализ летального травматизма в сельскохозяйственном производстве России, Украины, Белоруссии и Брянской области при эксплуатации картофелеуборочной техники**

Тревожная обстановка создавалась в России при уборке, послеуборочной обработке и хранении картофеля, где происходило более 90% несчастных случаев от их общего количества при производстве картофеля, причем, две трети из них приходится на его уборку [5]. Источниками повышенной опасности были картофелеуборочные комбайны не только отечественного, но и зарубежного производства [6].

В этой связи нами проведен более углубленный анализ производственного травматизма [7...15], для чего были использованы данные ВНИИОТСХ РФ, акты формы Н – 1, журналы регистрации летальных несчастных случаев по России, Украине, Белоруссии и Брянской области, источники [16...18].

Подтверждено, что картофелеуборочные комбайны отечественного и зарубежного производства продолжали оставаться источниками повышенной опасности. Основными травмирующими объектами являлись ботвоудалитель, карданные валы и транспортеры в результате устранения технических и технологических отказов машин. По маркам комбайнов летальный травматизм в России распределялся следующим образом: из 83 случаев, которые произошли в 1990 – 2001гг.: ККУ-2А – 56,9 %, КСК-6 – 23,6 %, Е-667/2 – 4,17 %, КСК-4/1 –

5,6 %, КСК-4 – 4,17 %, %, КПК-2 – 2,70 %, прочие – 2,70 %. В Брянской области 15,28 % летальных травм было при эксплуатации комбайнов ККУ – 2 А и 3,39 % – Е 667/2.

По основным причинам летальные травмы картофелеуборочными комбайнами были следствием (табл.1) неисправностей машин – 56,4 %, опасных действий пострадавших – 23,6 % и неудовлетворительной организацией трудового процесса – 20,0 %. Среди причин “неисправность машин” (табл.2) основными являются неисправность ограждений – 40,35 %, неисправность и отсутствие блокирующего устройства – 5,26 %, другие неисправности – 5,26 %, отсутствие ограждений движущихся и вращающихся деталей – 1,75 %, неисправность ограничителя грузоподъемности – 1,75 %, конструктивные недостатки ограждений – 1,75 % , послеремонтный дефект сварочного соединения – 1,75 %. В Брянской области летальные травмы были также в основном по причине неисправности ограждений карданных валов.

С 1990 по 1999 годы травмирование неограженными карданными валами несколько изменилось: доля летальных травм в среднем по России уменьшилась и составила 2,18 %, в Брянской области – 1,30 %, но проблема безопасности работающих в зонах карданных валов оставалась актуальной. Такое положение не говорило об улучшении ситуации в этой области, т.к. в частности, в условиях Брянского региона снижение доли летальных травм в последние годы связано с уменьшением возделываемых площадей под картофель и, соответственно, количества картофелеуборочных машин, которых по сравнению с 1986 годом снизилось примерно в 4 раза.

Нами были проведены экспериментальные исследования [19] поискового характера при уборке картофеля с использованием картофелеуборочных комбайнов в хозяйствах Брянской области в 1990 – 1997годах. Были выявлены наиболее опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на работающих [20...22]. Подтверждено, что в основном травмирование работающих обусловлено устранением технических и технологических отказов, на что

приходится около 20 % от полного времени эксплуатации, причем время устранения распределяется таким образом:

- время на устранение неисправностей из-за забиваний рабочих органов комбайнов – 23,9%;

- время на устранение забиваний рабочих органов, а также регулировочные работы и техническое обслуживание во время простоев по организационным причинам – 23,9%;

- время на проведение регулировочных работ – 12,1%;

- время на устранение неисправностей технического характера – 26,1%;

- время осмотра рабочих органов машин при непосредственном выполнении технологического процесса – 4,8%.

Местами забиваний рабочих органов являлись ботвоудалитель, барабан, горка, прижимной транспортер, а местами основных поломок из-за забиваний - перекосы редкопрудкового транспортера и барабана, срывы цепей приводов горки и прижимного транспортера, полотна у переборочного стола.

## **1.2 Анализ летального травматизма в сельскохозяйственном производстве России, Украины, Белоруссии и Брянской области при эксплуатации сельскохозяйственной техники в зонах карданных валов**

Была исследована травматическая ситуация “захват неогражденным карданным валом” по России, Украине, Белоруссии и Брянской области (табл. 1.3). Оказалось, что с 1977 по 1989 годы доля летальных травм карданными валами в летальном травматизме сельскохозяйственного производства России составляла в среднем 3,38 %, Украины – 2,18 %, Белоруссии – 2,02 %, в Брянской области – 7,4 %.

Анализ случаев травматизма за указанные годы показывает, что он имел место во всех отраслях сельскохозяйственного производства, однако уровень его различен. Распределение исследуемых травм в % к общему числу выглядел так: в растениеводстве – 57,4%, в животноводстве – 23,0%, в механизации –

12,0%, в прочих отраслях – 7,5%. Среди прочих отраслей – хозяйственные работы, птицеводство, звероводство.

Наиболее тревожное положение складывалось (рис.1.1) с трактористами-машинистами и рабочими, доля которых от летально травмированных составляла соответственно 61,8 % и 32,8 %. Остальные профессии пострадавших имели относительно небольшой процент травмирования: скотники – 2,2 %, слесари – 1,5 %, доярки – 1,1 %, мастера-наладчики – около 1 %.

Данные, полученные при анализе летального травматизма в результате травмирования карданными валами в зависимости от возраста и стажа работы травмируемых (рис.1.2, 1.3) позволили утверждать, что с увеличением стажа работы до 14 лет количество травм снижалось, исключением являлся стаж работы от 2 до 3 лет и от 4 до 5 лет, а максимальное количество травм имело место при стаже работы до 1 года при возрасте 17 и 22 годов. Такая страшная статистика имела место в это время, погибали молодые люди до призывного возраста и после призывного возраста, не имеющие достаточного опыта работы на технике в условиях сельскохозяйственного производства.

Распределение летального травматизма в результате захвата карданными валами в течение года по Украине, Белоруссии и Брянской области приведено на рисунке 1.4. Резкие подъемы приходились на апрель, сентябрь и октябрь – время весенних и осенних полевых работ, а в Брянской области – на июнь, сентябрь и октябрь; спад травматизма соответственно по республикам приходился на июнь и июль, а в Брянской области – на март, июль и август.

Источниками травмирования являлись соответственно по России, Украине, Белоруссии и Брянской области (табл.1.4):

- подборщики-копнители ПК-1,6А, прессподборщики ПС-1,6, ПСБ-1,6 – 26,6 %, картофелеуборочные машины – 7,3 %, мобильные кормораздатчики КТУ-10 – 8,5 %, разбрасыватели удобрений – 9,8 %;

- тракторы – 33,3 %, зерноуборочные комбайны, зерноочистительные агрегаты, зернопогрузчики – 16,65 %, картофелеуборочные комбайны ККУ-2А – 11,8 %;

- картофелеуборочные комбайны – 16,6 %, тракторы – 14,8 %, картофеле-сортировальные пункты КСП-15 – 7,4 %;

- картофелеуборочные комбайны ККУ-2А – 47,3 %, картофелесортировальные пункты КСП-15 – 10,3 %, тракторы, прессподборщики, косилки-измельчители, разбрасыватели жидких удобрений – по 5,9 %.

Травматическая ситуация от захвата неогражденным карданным валом была связана в основном с забиванием рабочих органов сельскохозяйственных машин и их устранением (ККУ-2, ККУ-2А, КИР 1,5, ПС-1,6, ПСБ 1,6), привлечением дополнительных рабочих (КСП-15), с ремонтом тракторов при включенном ВОМ трактора (К-700, Т-150К, Т-74, МТЗ-80, МТЗ-82).

По причинам травмирования карданными валами в сельскохозяйственном производстве Украины на конструктивные недостатки машин, механизмов и оборудования приходилось 31,29 % летальных травм, из них 30,08 % – из-за отсутствия ограждений; 48,36 % травм связано с неисправностью машин, механизмов и оборудования, из них работа со снятыми и неисправными ограждениями – 30,08 % (табл. 1.5). В России ситуация складывалась таким образом (табл. 6): среди групп “Опасные действия пострадавшего лица” – нахождение в зоне движущихся и вращающихся деталей (38,6 %); “Нарушение организации трудового процесса”- применение неисправного оборудования (40,38 %); “Неисправности и конструктивные недостатки машин, механизмов и оборудования”- неисправность ограждений карданных валов (74 %).



Рис.1.1 – Распределение травматизма с летальным исходом от захвата карданными валами по профессиям пострадавших



Рис.1.2 – Зависимость уровня травматизма карданными валами с летальным исходом от возраста пострадавших





Рис.1.3 – Зависимость уровня травматизма карданными валами с летальным исходом от стажа пострадавших

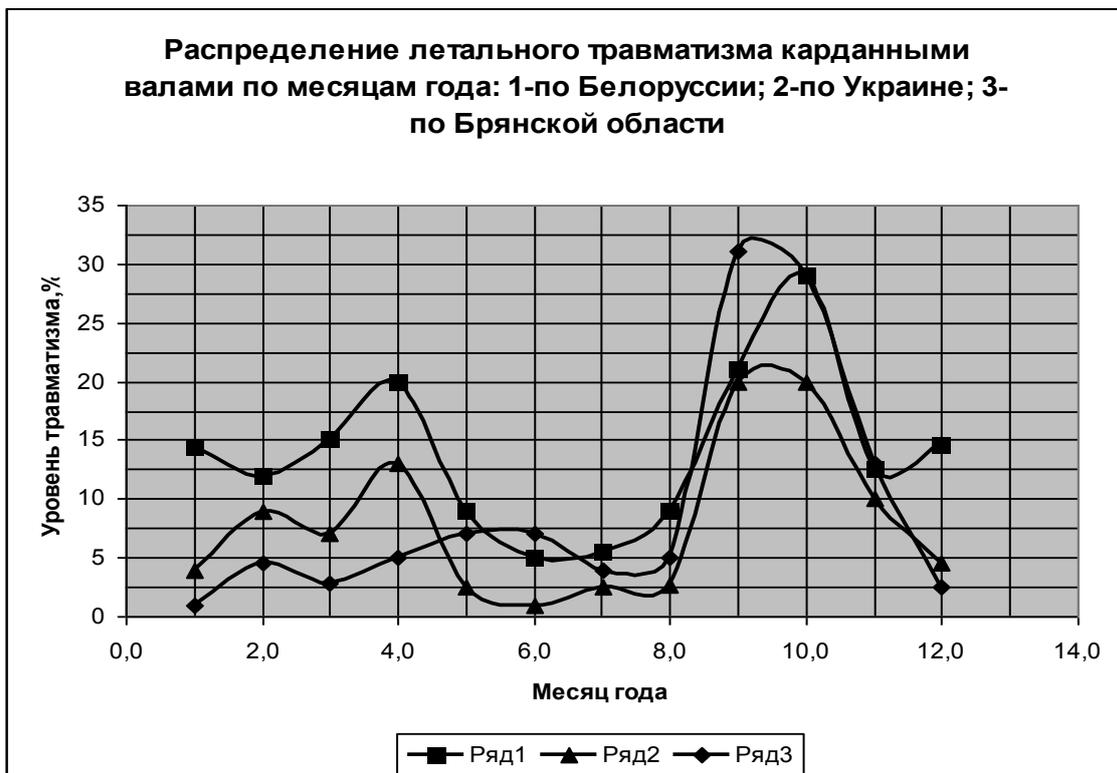


Рис.1.4 – Распределение уровня травматизма карданными валами с летальным исходом по месяцам года

Таблица 1.2 – Распределение количества травмируемых с летальным исходом по неисправностям картофелеуборочных комбайнов в России, %

Виды неисправностей	Агрегируемые машины по России	Агрегируемые машины по Брянской области
Неисправность ограждений карданных валов	40,35	17,5
Отсутствие ограждений движущихся и вращающихся деталей	1,75	0
Неисправность ограничителя грузоподъемности	1,75	0
Конструктивные недостатки ограждений	1,75	0
Послеремонтный дефект сварочного соединения	1,75	0
Неисправность и отсутствие блокирующего устройства	5,26	0
Другие неисправности	5,26	0
Итого:	82,5	17,5

По видам работ захват карданным валом по Украине (табл. 1.7) происходил при ремонте и обслуживании машин, механизмов и оборудования (54,5 %), особенно при проведении технологического (34,6 %) и технического (16,03 %) обслуживания; уборке урожая (21,1 %), из них – при уборке картофеля (5,9 %), сборе фруктов и ягод (3,79 %), заготовке прессованного сена (2,53 %), заготовке сена, зеленой массы (2,11 %) и скашивании, подборе валков зерновых, бобовых и технических культур (2,11 %).

По видам работ захват карданным валом по России (табл. 1.8) происходил при ремонте и обслуживании машин, механизмов и оборудования (24,9%), особенно при техническом обслуживании машин и оборудования (9,49%), электрогазосварочных работах (7,17%) и ремонте техники (6,12%); при уборке урожая (20,89%), из них - при прессовании сена, соломы, льна (8,65%), подборе валков, скирдовании сена, соломы (6,75%), копке картофеля (5,27%) и кошени трав (4,22%).

Таблица 1.3 – Доля летальных травм в результате травмирования карданными валами в общем летальном травматизме сельскохозяйственного производства страны, %

Регион	Годы													Среднее значение
	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
Россия	3,43	3,90	3,77	3,94	4,13	4,02	3,37	3,80	3,46	4,00	2,58	1,36	1,30	3,38
Украина	1,74	0	1,42	2,12	2,76	1,27	2,79	2,62	2,98	1,81	2,85	2,14	1,67	2,18
Белоруссия	-	-	-	-	-	-	-	2,20	2,37	1,90	2,50	1,60	1,60	2,02
В среднем по республикам	2,58	-	2,59	3,03	3,44	2,64	3,08	2,87	2,93	2,57	2,71	1,70	1,52	2,52
Брянская область	8,80	9,60	3,22	17,9	2,77	5,55	11,6	6,00	3,80	10,2	6,00	3,00	7,80	7,40

«-» - данные отсутствуют

Таблица 1.4 – Распределение летального травматизма от захвата карданными валами по источникам травмирования и агрегируемым машинам, %

Марка машины	Украина	Белорус- сия	Брянс- кая область
1	2	3	4
1. Тракторы, в т.ч. К – 700	33,30 23,80	14,80 -	5,30 -
2. Зерноуборочные комбайны, зерноочи- стительные агрегаты ЗАВ-20, погрузчики	16,65	1,85	-
3. Машины для возделывания и уборки картофеля, в т.ч. комбайны ККУ-2, ККУ-2А, КПК-2, КСП-15	12,15 11,80 -	- 16,60 7,40	- 47,30 10,60
4. Силосоуборочные и сеноуборочные ма- шины, в т.ч. прессподборщики ПС-1,6, ПСБ-1,6 косилки КИР-1,5 подборщики-копнители ПК-1,6	9,60 5,50 - -	1,85 - 11,0 1,85	- 5,30 5,30 1,05
5. Машины для подготовки и внесения минеральных удобрений, в т.ч. разбрасыватели жидких удобрений РЖУ- 3,6, РЖТ-4,5, органических удобрений ПРП-10	6,90 3,45	- 3,70	- 5,30
6. Кормораздатчики КТУ-10, РСР-10, КУТ-3А, КСА-5	2,70	7,40	2,10
7. Машины для уборки сахарной свеклы: комбайны КС-6, свеклопогрузчики СНГ-2, ботвоуборочные машины БМ-6, копатели корнеплодов ККГ-14	2,08	-	1,05
8. Тракторные прицепы, машины для хи- мической защиты растений ОВТ-1А, ОПШ-15, ОВТ-200	5,50	-	2,10

1	2	3	4
9. Льномолотилки	-	3,70	-
Льнокомбайны ЛК-4Т	-	1,85	-
10. Водораздатчики ВР-3	-	3,70	1,05
11. Вакуумные насосы	-	3,70	-
12. Крановые установки	-	1,85	-
13. Соломосилосорезки РСС-6	-	-	1,05
14. Измельчители кормов ИКГ-30	-	-	-
15. Прочие машины	-	5,55	1,05
16. Марка не установлена	0,90	4,20	10,40

Таблица 1.5 – Распределение травматизма с летальным исходом от наматывания на карданный вал на Украине по причинам травмирования, %

Виды работ	%
1	2
Конструктивные недостатки машин, механизмов и оборудования	
1. Отсутствие ограждений	
2. Отсутствие жестких каркасов	30,08
3. Прочие причины	0,81
Итого:	0,40
	31,29
Неисправность машин, механизмов и оборудования	
1. Работа со снятыми, неисправными ограждениями	
2. Неисправность трактора и тракторного прицепа	30,08
3. Неисправность других машин	12,60
4. Неисправность блокировки запуска двигателя	4,87
Итого:	0,81
	48,36
Несовершенство технологического процесса	
1. Отступление от технологического процесса или его несовершенство	1,21

1	2
2. Работа с отступлением от проекта производства работ	0,81
Итого:	2,02
Неудовлетворительная организация работ	
1. Недостаточный контроль за работой механизмов	3,63
2. Неудовлетворительное содержание цехов, рабочих мест	0,40
3. Нарушение правил техники безопасности специалистами и руководителями хозяйств	0,40
Итого:	4,43
Недостаток в обучении	
1. Неудовлетворительное обучение, инструктаж	4,47
2. Работа без обучения, инструктажа	2,85
3. Отступление от требований к работе	0,40
Итого:	7,72
Алкогольное опьянение пострадавших	5,70
Другие причины	0,40
Итого:	6,10

Таблица 1.6 – Распределение травматизма с летальным исходом в России от наматывания на карданный вал по причинам травмирования, %

Виды работ	%
1	2
Опасное действие пострадавшего лица	
1. Нарушение правил пользования осветительными приборами	46,5
2. Нахождение в зоне движущихся и вращающихся деталей	38,6
3. Перешагивание через карданный вал	3,39
4. Использование защитных мер и приспособлений	3,6
5. Прочие нарушения	2,12
Итого:	94,27
Нарушение организации трудового процесса	
1. Применение неисправного оборудования	40,38
2. Отсутствие контроля за безопасным проведением производственного процесса	23,47

1	2
3. Допуск к работе лиц без соответствующей подготовки по технике безопасности	15,64
4. Допуск лиц без соответствующей профессиональной подготовки	4,65
5. Отсутствие контроля дисциплины со стороны руководителя работ	4,23
Итого:	88,37
Состояние окружающей среды	
1. Недостаточная видимость	0,63
2. Недостаточная освещенность территории, рабочих мест	0,43
3. Атмосферные осадки	0,43
4. Повышенная влажность	0,21
5. Высокая скорость ветра	0,21
6. Прочее	0,21
Итого:	2,11
Неисправности и конструктивные недостатки машин, механизмов и оборудования	
1. Неисправность ограждений карданных валов	74,00
2. Случай не связан с неисправностью	7,19
3. Машины и оборудование исправны	4,65
4. Отсутствие ограждений движущихся и вращающихся деталей	3,80
5. Неисправность ограждений вращающихся деталей	2,96
6. Отсутствие ограждений движущихся и вращающихся деталей	2,11
Итого:	94,71

Результаты исследования травмирования картофелеуборочными комбайнами и неогражденными карданными валами показали, что основными причинами их повышенной травмоопасности являются неисправность ограждений карданных валов и их отсутствие на карданных валах из-за конструктивных недостатков машин, механизмов и оборудования при устранении технических и технологических отказов.

Таблица 1.7 – Распределение травматизма с летальным исходом от наматывания на карданный вал по Украине в зависимости от вида работ, %

Виды работ	%
1	2
Ремонт и обслуживание машин, механизмов и оборудования	
1. Технологическое обслуживание	34,6
2. Техническое обслуживание	16,03
3. Ремонт и обслуживание в процессе эксплуатации	2,11
4. Прочие работы	2,11
Итого:	54,50
Уборка урожая	
1. Скашивание подбор валков зерновых, бобовых и технических культур	2,11
2. Уборка картофеля	5,90
3. Сбор фруктов и ягод	3,79
4. Уборка овощей и томатов	1,68
5. Заготовка сена, зеленой массы	2,11
6. Уборка сахарной свеклы	1,68
7. Заготовка прессованного сена	2,53
8. Прочие работы	1,29
Итого:	21,10
Погрузка и разгрузка	
1. Погрузка и разгрузка свеклы, картофеля и др.	0,42
2. Погрузка и разгрузка сена, соломы	0,84
3. Погрузка и разгрузка кормовых смесей и добавок	0,42
4. Погрузка и разгрузка животных и птиц	2,95
5. Наполнение и слив жидкостей	0,42
6. Прочие работы	0,42
Итого:	5,47
Уход за животными и птицами	
1. Уход за животными	2,11
2. Раздача кормов	2,95
3. Уборка помещений	0,42
Итого:	5,48
Приготовление кормов	
1. Измельчение грубых и сочных кормов	1,68
2. Приготовление кормосмесей	0,42

1	2
Итого:	2,10
Уход за посевами	
1. Подкормка удобрениями, обработка плантаций ядохимикатами	2,11
Итого:	2,11
Обработка урожая	
1. Первичная обработка технических культур	1,68
2. Закладка силоса, сенажа	1,26
3. Скирдование, прессование соломы	0,84
4. Прочие работы	0,42
Итого:	4,20
Транспортные работы	
1. Посев и посадка корнеплодов	0,42
2. Подготовка почвы	1,11
3. Внесение органических и минеральных удобрений	0,84
Итого:	2,37
Всего:	100

Таблица 1.8 – Распределение травматизма с летальным исходом от наматывания на карданный вал по России в зависимости от вида работ, %

Виды работ	%
1	2
Ремонт и техническое обслуживание машин и оборудования	
1. Ремонт техники	6,12
2. Техническое обслуживание машин и оборудования	9,49
3. Электрогазосварочные работы	7,17
4. Чистка, смазка и дезинфекция оборудования	0,42
5. Ремонт и наладка оборудования, машин	1,68
Всего:	24,90
Уборка урожая	
1. Кошение трав	4,22
2. Подбор валков, скирдование сена, соломы	6,75
3. Прессование сена, соломы, льна	8,65

1	2
4. Копка картофеля	5,27
Всего:	20,89
Основные технологические операции в животноводстве	
1. Раздача кормов	6,54
2. Уборка навоза	1,69
3. Приготовление кормов	1,05
4. Доеение	0,63
5. Уход за животными	0,42
6. Погрузочно-разгрузочные работы в животноводстве	3,78
7. Прочие операции в животноводстве	1,89
Всего:	9,46
Прочие работы	
1. Эксплуатация водогрейных и паровых котлов	0,42
2. Подъемно-транспортные и погрузочно-разгрузочные работы	2,95
3. Дежурства	0,63
4. Прочие виды работ	0,63
Всего:	4,64
Транспортные перевозки	
1. Грузов мобильной техникой	0,42
2. Людей мобильной техникой	0,63
3. Холостой пробег мобильной техники	0,42
Всего:	1,47
Основные технологические операции в растениеводстве	
1. Вспашка	0,42
2. Боронование	0,42
3. Культивация	0,63
Всего:	1,47
Посев и посадка сельскохозяйственных культур	
Всего:	1,68
Погрузочно-разгрузочные работы в растениеводстве	
Всего:	12,1
Итого:	76,61

### **1.3 Анализ летального травматизма в АПК России, Орловской и Брянской областей при использовании мобильной техники в зонах карданных валов**

Нами проведен анализ дальнейшей ситуации травмирования в сельскохозяйственном производстве, в частности в Брянской, Орловской областях и в целом по России с 1990 по 2001 годы. Для этого использовались данные ВНИИ ОТ СХ РФ, акты формы Н – 1, журналы регистрации летальных несчастных случаев по России, Орловской и Брянской областей, источники [23,24].

Мобильные машины продолжали оставаться источниками повышенной опасности (табл.1.9), на а тракторы МТЗ-80 и Т-150, К-701 и ДТ-75 приходилось 8,44 %, 7,54 %, 5,78 %, 64 % соответственно от общего количества по РФ.

Анализ летального травматизма в АПК Брянской, Орловской областях и РФ по травмирующим объектам от всего травмируемых по АПК РФ (табл.1.10) позволил выявить наиболее травмоопасные объекты в АПК Брянской, Орловской областях и в целом в РФ:

- транспортер; битек кормораздатчика; ходовая часть; ВОМ и карданный вал; трос, ковш, люлька, стропа, крюк, на что приходится соответственно 4,23 %; 2,20 %; 2,03 %; 1,76 %, 1,71 % в Брянской области;

- шнек жатки, ходовая часть, транспортер, кабина, кузов, на что приходится соответственно 3,61 %; 2,34 %; 2,11 %; 2,08 %; 1,73 % в Орловской области;

- ходовая часть; корпус, рама; кабина; кузов; вал отбора мощности (ВОМ) и карданный вал, на что приходится соответственно 41,92 %; 22,11 %; 11,87 %; 7,93 %; 3,19 % в целом по РФ.

В таблице 1.11 приведены уровни летально травмированных всего Брянской, Орловской областях и РФ, всего и в частности, травмированных карданными валами. Как видно, ситуация по сравнению с предыдущим

Таблица 1.9 – Анализ летального травматизма в АПК РФ по источникам травмирования, % от общего количества по АПК РФ

Источники травмирования	Всего	Годы											
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Тракторы ДТ-75	5,64	7,43	6,43	6,55	7,16	7,65	5,69	5,91	5,22	4,29	3,55	3,66	3,51
Тракторы ДТ-75М	3,46	3,37	3,71	2,91	3,07	3,15	5,01	4,85	3,19	3,87	3,42	2,94	2,50
Тракторы К-700	2,69	2,79	2,78	3,18	3,89	3,34	3,40	3,11	1,90	2,06	2,32	2,04	1,41
Тракторы К-701	5,78	6,03	6,84	7,36	7,23	5,91	6,80	7,12	5,43	4,53	4,44	4,26	3,20
Тракторы Т-150	7,54	6,41	7,25	9,05	9,13	9,51	7,90	7,27	8,07	7,01	6,49	6,78	5,39
Тракторы МТЗ-80	8,44	6,10	7,25	7,91	8,73	8,55	8,84	11,06	8,34	8,66	9,70	9,36	7,34
Тракторы МТЗ-82	2,74	2,54	2,20	2,23	2,39	2,31	2,80	2,73	3,80	2,47	3,35	2,94	3,28
Комбайн СК-5 «Нива»	3,68	4,38	4,23	4,12	3,75	3,47	2,97	2,50	3,39	3,38	3,69	3,84	4,06
Прочие зерноуборочные комбайны	2,79	2,41	2,14	2,23	2,66	3,98	2,63	2,27	3,60	2,72	3,21	2,76	2,89
По РФ	100	9,05	9,91	8,51	8,43	8,94	6,77	7,59	8,47	6,97	8,41	9,58	7,36

Таблица 1.10 – Анализ летального травматизма в АПК Брянской, Орловской областях и РФ по травмирующим объектам за 1990-2001гг.,% от всего травмируемых по АПК РФ

Регион	Всего	Травмирующие объекты											
		корпус, рама	кабина	кузов	ходовая часть	стропа, крюк, трос, ковш, люлька	шнек жатки	транспортёр	прочие рабочие органы	ВОМ, карданный вал	прочие органы автомата, машины	данные отсутствуют	битер кормораздатчика
Брянская обл.	1,71	1,52	1,58	1,49	2,03	1,71	0,00	4,23	2,87	1,76	1,52	1,68	2,20
Орловская обл.	1,93	1,47	2,08	1,73	2,34	0,85	3,61	2,11	1,15	1,17	3,41	0,84	1,10
по РФ	100	11,87	41,92	7,93	22,11	0,73	0,52	0,89	1,08	3,19	1,65	0,74	0,57

Таблица 1.11 – Анализ летального травматизма в АПК Орловской, Брянской областей и РФ, % от общего количества

Регион	Всего	Годы											
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
всего травм													
Брянская обл.	1,71	2,16	2,14	1,69	2,25	1,86	2,04	1,67	1,42	1,73	1,16	1,32	1,01
Орловская обл.	1,87	2,67	2,03	1,69	1,64	1,86	2,21	1,82	1,76	1,81	1,84	1,26	1,87
РФ	100	9,05	9,91	8,51	8,43	8,94	6,77	7,59	8,47	6,97	8,41	9,58	7,36
травмы карданными валами													
Брянская обл.	77,78	11,11	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Орловская обл.	33,33	16,67	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00
РФ	100	10,76	8,22	7,44	10,18	9,00	3,33	7,24	10,18	5,68	9,00	13,11	5,87

анализируемым периодом (до 1990 г.) резко отличается. Значительно сократилось, а в последние годы (1992 – 2001 г.), практически отсутствуют травмы в Брянской области, но имеет место травмирование в Орловской области. Такая ситуация связана со значительным падением уровня сельскохозяйственного производства, сокращением возделываемых площадей под картофель, зерновые культуры, оттоком работников из отрасли и т.д. Понятно, что это временное явление, но проблема пока остается актуальной в целом по РФ, где максимальный уровень приходится на 1991 г, 1992 г и 2000 г и соответственно равен 9,05 %, 9,91 %, 9,58 %.

#### **1.4 Анализ летального травматизма в АПК России, Орловской и Брянской областей при использовании кормоуборочной техники в зонах карданных валов**

Анализ летального травматизма карданными валами за 1990 – 2001 г по агрегируемым машинам от всего травмированных карданными валами в целом по РФ приведен в таблице 12, из которой можно выявить основные травмируемые машины в целом по РФ: подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А (8,41 %); раздатчик кормов прицепной КТУ-10А (8,02 %); водораздатчик прицепной (6,65%); пресс-подборщик прицепной ПРП 1,6, ППЛ-1,6 (5,09%); картофелеуборочный комбайн ККУ-2А всех модификаций (4,31%); пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6 (3,72 %). Как видно, на долю пресс-подборщиков всех приведенных типов и подборщиков копнителей приходилось максимальное количество травм с летальным исходом от захвата карданными валами.

Анализ летального травматизма пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями по агрегируемым машинам за 1990 – 2001гг. от всего травмированных пресс-подборщиками в АПК России (табл. 1.13) показал, что на долю пресс-подборщика прицепного ПРП 1,6, ППЛ-1,6 приходилось 63,11%,

Таблица 1.12 – Анализ летального травматизма карданными валами по агрегируемым машинам, % от травмированных карданными валами в целом по АПК РФ

Агрегируемая машина	Всего	Годы											
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Прицепной разбрасыватель органических удобрений	1,76	0,00	0,00	0,00	1,92	0,00	5,88	2,70	1,92	0,00	2,17	5,97	0,00
Жиже-расбрасыватель ЗВЖ-1,8	1,96	0,00	2,38	0,00	5,77	0,00	5,88	0,00	0,00	3,45	0,00	5,97	0,00
Прицепная машина для внесения удобрений	2,15	0,00	2,38	2,63	0,00	4,35	0,00	2,70	3,85	0,00	0,00	2,99	6,67
Косилка прицепная КИР 1,5, КИР 1,5Б	2,74	1,82	2,38	7,89	3,85	8,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,49	6,67
Подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А	8,41	12,73	2,38	13,16	25,00	15,22	0,00	5,41	0,00	6,90	6,52	1,49	6,67
Пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6	3,72	10,91	4,76	5,26	7,69	0,00	0,00	2,70	5,77	0,00	2,17	0,00	0,00
Пресс-подборщик прицепной ПРП 1,6, ППЛ-1,6	5,09	0,00	11,90	10,53	7,69	0,00	5,88	10,81	0,00	10,34	2,17	5,97	0,00
Раздатчик кормов прицепной КТУ-10А	8,02	7,27	16,67	10,53	3,85	6,52	5,88	2,70	7,69	3,45	10,87	10,45	6,67
Водораздатчик прицепной	6,65	5,45	4,76	5,26	1,92	4,35	0,00	8,11	13,46	0,00	8,70	8,96	13,33
Прочие прицепные машины	22,31	16,36	19,05	7,89	25,00	21,74	29,41	18,92	34,62	31,03	21,74	25,37	16,67
Картофелеуборочный комбайн ККУ-2, ККУ-2А	4,31	16,36	4,76	2,63	0,00	2,17	5,88	2,70	1,92	3,45	6,52	0,00	6,67
По РФ	100	10,76	8,22	7,44	10,18	9,00	3,33	7,24	10,18	5,68	9,00	13,11	5,87

Таблица 1.13 – Анализ летального травматизма пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями по агрегатируемым машинам, % от всего травмированных пресс-подборщиками в АПК России

Агрегатируемые машины	Всего	Годы											
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А	24,44	36,36	8,70	19,23	45,16	47,37	0,00	15,00	16,67	14,29	27,78	6,67	30,00
Пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6	12,44	36,36	8,70	11,54	12,90	5,26	0,00	5,00	16,67	0,00	22,22	13,33	0,00
Пресс-подборщик прицепной ПРП-1,6, ППЛ-1,6	63,11	27,27	82,61	69,23	41,94	47,37	100,00	80,00	66,67	85,71	50,00	80,00	70,00
Всего по РФ	100	9,78	10,22	11,56	13,78	8,44	4,00	8,89	8,00	6,22	8,00	6,67	4,44

подборщика-копнителя прицепного ПК-1,6А – 24,44%, пресс-подборщика прицепного «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6 – 12,44%.

Анализ летального травматизма пресс-подборщиками по видам работ и травмирующим объектам, % от всего травмированных пресс-подборщиками в АПК России приведенный в таблице 1.14 определил наиболее травмоопасный вид работ – прессование сена, соломы, льна, на что приходится 70,62 % летально травмированных, подбор валков, сволакивание сена, соломы – 19,91 %, погрузочно-разгрузочные работы в животноводстве – (3,79 %), а основными травмирующими объектами являются вал отбора мощности, карданный вал (38,39 %), прессующие ремни (27,96 %), подборщик (9,48 %), ходовая часть (4,74 %).

Анализ летального травматизма пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями в АПК РФ по травматическим ситуациям в целом по РФ (табл.1.15) выявил наиболее повторяющиеся ситуации, приводившие к летальному травмированию карданными валами: захваты вращающимися деталями – 67,11 %, захваты движущимися деталями – 18,67 %, наезд на пешехода или исполнителя работ – 3,56%, прочие захваты и удары – 2,22%.

Анализ летального травматизма карданными валами пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями по опасным действиям пострадавшего или другого лица в АПК РФ приведен в таблице 16. Опасным действием пострадавшего или другого лица при работе на подборщике-копнителе прицепном ПК-1,6А являлись: оперирование с узлами машин при работающем двигателе – 81,4%, нахождение в зоне движущихся, вращающихся деталей – 16,28%, не использование защитных мер и приспособлений – 2,33 %; на пресс-подборщике прицепном «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6: нахождение в зоне движущихся, вращающихся деталей – 68,42%, нахождение в зоне рабочих органов машин – 10,53%, запуск двигателя с включенной передачей – 5,26 %, перешагивание через карданный вал – 5,26 %, оперирование с узлами машин при работающем двигателе – 5,26%, опасного действия нет –

Таблица 1.14 – Анализ летального травматизма пресс-подборщиками по видам работ и травмирующим объектам, % от всего травмированных пресс-подборщиками в АПК России

Травмирующие объекты	Всего	Виды работ								
		подбор и обмолот валков комбайнами	кошение трав	подбор валков, сволокивание сена, соломы	прессование сена, соломы, льна	погрузочно-разгрузочные работы в растениеводстве	выпас и перегон животных	погрузочно-разгрузочные работы в животноводстве	ремонт техники	техническое обслуживание машин и оборудования
Ходовая часть	4,74	0,00	33,33	4,76	3,36	33,33	0,00	0,00	50,00	0,00
Подборщик	9,48	0,00	0,00	7,14	11,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Прессующие ремни	27,96	100,00	0,00	2,38	38,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Транспортер	1,42	0,00	0,00	0,00	2,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Прочие рабочие органы	8,53	0,00	0,00	0,00	12,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Вал отбора мощности, карданный вал	38,39	0,00	66,67	80,95	23,49	33,33	0,00	100,00	0,00	50,00
Прочие	1,90	0,00	0,00	2,38	2,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
По РФ	100	0,47	1,42	19,91	70,62	1,42	0,47	3,79	0,95	0,95

Таблица 1.15 – Анализ летального травматизма пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями в АПК РФ по источникам травмирования, % от общего количества

Источники травмирования	Все-го	Агрегатируемые машины		
		подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А	пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6	пресс-подборщик прицепной ПРП-1,6, ППЛ-1,6
Опрокидывание при съезде в кювет до 3 м	0,44	100,00	0,00	0,00
Опрокидывание при скатывании назад	0,89	100,00	0,00	0,00
Опрокидывание при прочих условиях	0,89	0,00	0,00	0,00
Наезд на пешехода или исполнителя работ	3,56	25,00	12,50	62,50
Самонаезд (без водителя, с включенной передачей)	0,44	0,00	0,00	100,00
Прочие виды наезда (без водителя под уклон с выключенной передачей)	0,89	50,00	0,00	50,00
Падение с мобильной машины	0,89	100,00	0,00	0,00
Захваты вращающимися деталями	67,11	29,14	13,91	56,95
Захваты движущимися деталями	18,67	2,38	4,76	92,86
Удары деталями оборудования или обрабатываемыми материалами	0,89	0,00	50,00	50,00
Придавливания опускающимися платформами и другими предметами	1,33	0,00	33,33	66,67
Прочие захваты и удары	2,22	20,00	20,00	60,00
Падение пострадавшего с высоты	0,89	0,00	50,00	50,00
Пожары или загорания	0,89	0,00	50,00	50,00
Всего по РФ	100	24,44	12,44	63,11

Таблица 1.16 – Анализ летального травматизма карданными валами пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями в АПК РФ по опасным действиям пострадавшего или другого лица, % от общего количества

Агрегатируемые машины	Всего	Опасное действие пострадавшего или другого лица						
		запуск двигателя с включенной передачей	нахождение в зоне движущихся, вращающихся деталей	перешагивание через карданный вал	нахождение в зоне рабочих органов машин	оперирование с узлами машин при работающем двигателе	не использование защитных мер и приспособлений	опасного действия нет
Подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А	48,86	0,00	16,28	0,00	0,00	81,40	2,33	0,00
Пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6	21,59	5,26	68,42	5,26	10,53	5,26	0,00	5,26
Пресс-подборщик прицепной ПРП- 1,6, ППЛ-1,6	29,55	0,00	76,92	3,85	0,00	11,54	7,69	0,00
Всего по РФ	100	1,14	45,45	2,27	2,27	44,32	3,41	1,14

Таблица 1.17 – Анализ летального травматизма карданными валами прессподборщиками и подборщиками-копнителями в АПК РФ по неисправностям и конструктивным недостаткам машин, механизмов и оборудования, % от общего количества

Агрегатируемые машины	Всего	Неисправности и конструктивные недостатки машин, механизмов и оборудования						
		неисправность других видов трансмиссий	неисправность ограждения вращающихся деталей	отсутствие ограждений движущихся и вращающихся деталей	ограждения карданных валов (отсутствии)	забиваемость рабочих органов	неисправность ограждений вращающихся деталей	машины и оборудование исправны
Подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А	48,86	0,00	2,33	2,33	90,70	2,33	2,33	0,00
Пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6	21,59	5,26	0,00	0,00	89,47	0,00	5,26	0,00
Пресс-подборщик прицепной ПРП- 1,6, ППЛ-1,6	29,55	0,00	0,00	0,00	96,15	0,00	0,00	3,85
Всего по РФ	100	1,14	1,14	1,14	92,05	1,14	2,27	1,14



Рис.1.4 – Зависимость уровня травмирования карданными валами в АПК России от возраста пострадавших

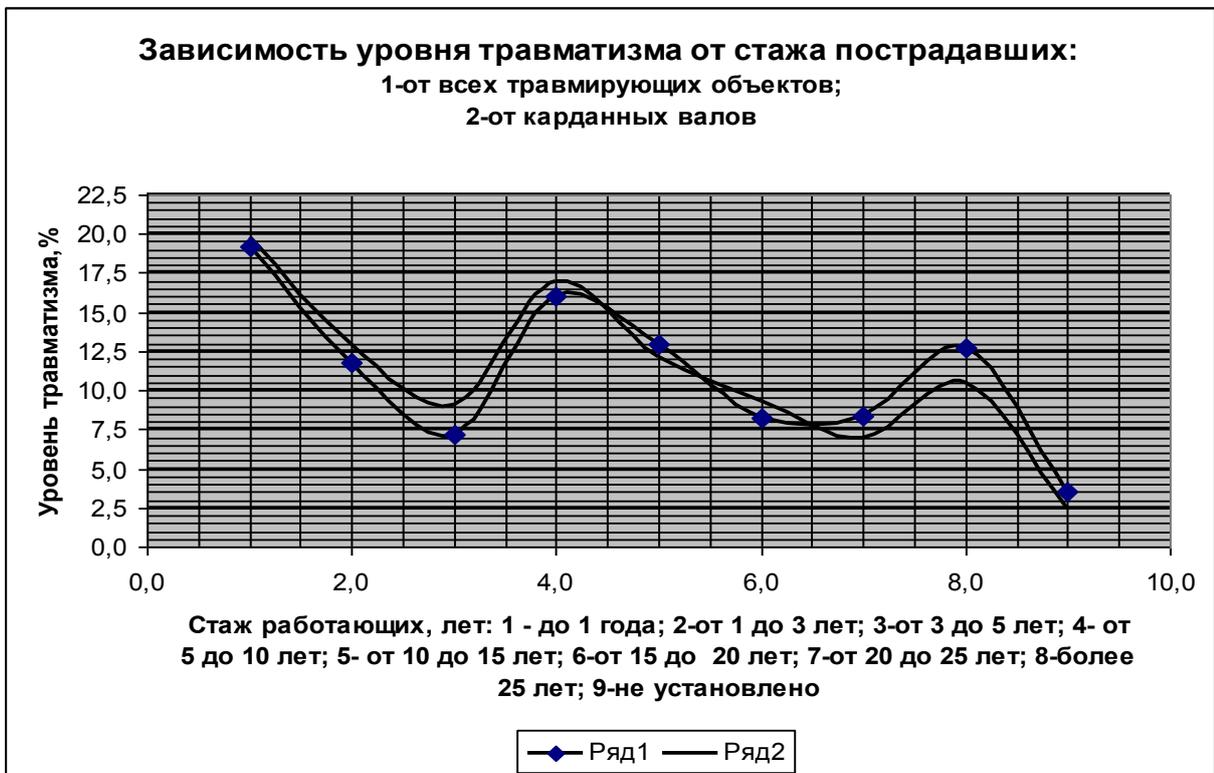


Рис.1.6 – Зависимость уровня травмирования карданными валами в АПК России от стажа работы пострадавших

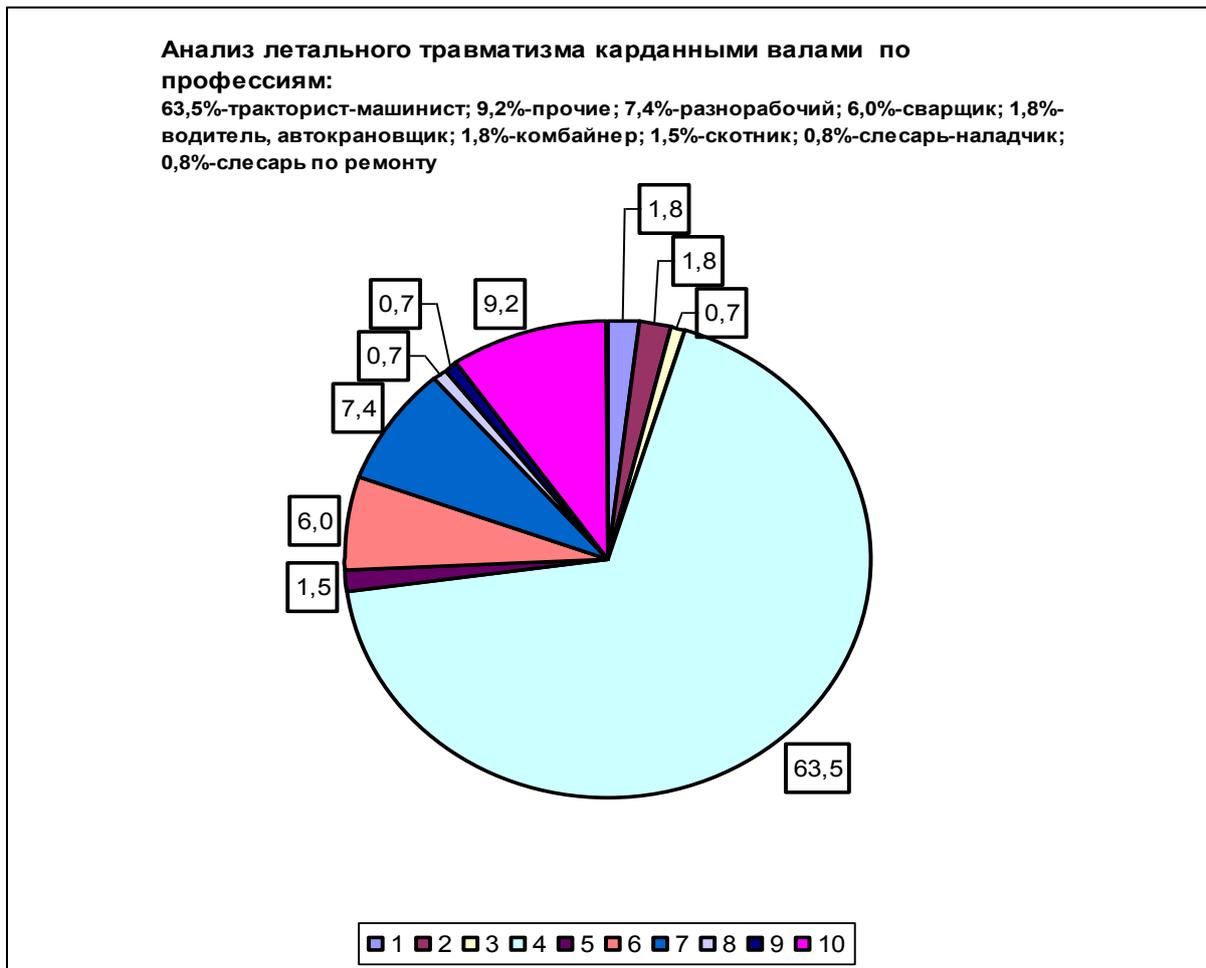


Рис. 1.7 – Анализ летального травматизма карданными валами в АПК России по профессиям пострадавших

5,26%; на пресс-подборщике прицепном ПРП- 1,6, ППЛ-1,6: нахождение в зоне движущихся, вращающихся деталей – 76,92 %, оперирование с узлами машин при работающем двигателе – 11,54 %, не использование защитных мер и приспособлений – 7,69 %, перешагивание через карданный вал - 3,85 %.

В целом в АПК РФ опасным действием пострадавшего или другого лица при работе на пресс-подборщиках и подборщиках-копнителях являлись: нахождение в зоне движущихся, вращающихся деталей – 45,45 %, оперирование с узлами машин при работающем двигателе – 44,32 %, не использование защитных мер и приспособлений – 3,41 %, перешагивание через карданный вал – 2,27 %, нахождение в зоне рабочих органов машин – 2,27 %, запуск двигателя с включенной передачей – 1,14 %, опасного действия нет – 1,14 %.

Анализ летального травматизма карданными валами в АПК РФ пресс-подборщиками и подборщиками-копнителями по неисправностям и конструктивным недостаткам машин, механизмов и оборудования согласно таблицы 17 показал, что на неисправности и конструктивные недостатки ограждений карданных валов (отсутствие) приходилось максимальное количество травмированных по всем трем видам агрегируемых машин: подборщик-копнитель прицепной ПК-1,6А (90,7 %), пресс-подборщик прицепной «Киргистан» ПС-1,6, ПСБ-1,6 (89,47 %), пресс-подборщик прицепной ПРП-1,6, ППЛ-1,6 (96,15 %). Анализ уровня летальных травм от всех травмирующих объектов и карданными валами по АПК России в зависимости от возраста пострадавших позволил сделать вывод о наличии различия в распределении возрастных категорий. В целом по РФ имела место более равномерная зависимость, пик травм приходился на одну возрастную категорию – 39 лет, а резкое снижение (более чем в 2 раза) происходило с возраста 60 лет; при травмировании карданными валами существовало несколько пиков возрастов: 17 лет (2,59 %), 20 лет (3,39 %), 23 года (3,19 %), 33 года (3,99 %), 40 лет (4,58 %), 43 года (3,59 %), 46 лет (2,19 %), 50 лет (2,39 %), 58 лет (3,39 %), а наиболее травмоопасными возрастными группами являлись 40 лет, 33 и 43 годов. По сравнению с предыдущим анализируемым периодом при травмировании карданными валами максимальный уровень не приходился на возрасты соответственно 17 лет, 22 и 23 годов, что было связано с оттоком работников указанных возрастов из сельскохозяйственного производства и использованием работников старшего возраста, имеющих большой стаж работы (от 5 и более 25 лет). Максимальный уровень травмирования в зависимости от стажа работы приходился на работников, имеющих стаж работы до одного года, в этом случае привлекались работники, имеющие опыт работы в других сферах деятельности, что, конечно, связано с объективными причинами.

В последние годы наблюдается сокращение числа работников, занятых в растениеводстве и животноводстве, однако коэффициенты частоты тяжелого и смертельного травматизма практически не снижается. С 1998 по 2005гг. в животноводстве произошло 1558 несчастных случаев со смертельным исходом и

1447 несчастных случаев с тяжелым исходом, что составило соответственно 24,7 % и 19,7 % от общего числа погибших и тяжело травмированных в агропромышленном производстве [23]. В крестьянских (фермерских) хозяйствах основной травмоопасной отраслью также является растениеводство, где с июля по октябрь месяцы происходит более половины несчастных случаев от общего количества [24].

Кардинальные изменения в экономике России привели к образованию свыше 260 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, которые являются полноправными источниками производства сельскохозяйственной продукции. За последние 10 лет доля погибших относительно других отраслей увеличилась с 2,6 до 3,5 %. Доля смертельных и тяжелых травм в растениеводстве увеличилась с 38,5 до 40,7 %, животноводстве – с 11,9 до 22,2 %, при ремонте техники – с 13,2 до 15,3 %, при техническом обслуживании – с 6,4 до 9,3 % и т.д. Основную опасность травмирования с тяжелым исходом представляют колесные и гусеничные тракторы, причем травмирование от захвата частями машин и ударов увеличилось с 17,2 до 46,6% [23,24], значительная доля из которых приходится на захват и травмирование неогражденным карданным валом.

Исходя из вышеуказанного можно констатировать следующее:

- несмотря на длительные научные и значительные опытно-конструкторские разработки проблема обеспечения безопасности операторов сельскохозяйственной техники остается актуальной;

- в используемых в АПК России пресс-подборщиках и подборщиках-копнителях по травматическим ситуациям наиболее повторяющиеся ситуации, приводившие к летальному травмированию карданными валами: захваты вращающимися деталями – 67,11%, захваты движущимися деталями – 18,67%, наезд на пешехода или исполнителя работ – 3,56%, прочие захваты и удары – 2,22%;

- используемые в сельском хозяйстве России картофелеуборочные комбайны отечественного и зарубежного производства остаются объектами повышенной опасности. 56,4 % летальных травм от общего количества таких травм

при эксплуатации картофелеуборочных комбайнов были следствием неисправности машин, а среди последних причин 40,35 % травм связаны с неисправностью ограждений карданных валов;

- основными причинами травмирования карданными валами – неисправность, снятие и монтаж ограждений карданных валов при устранении технических и технологических отказов.

## **2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАХВАТА КАРДАННЫМИ ВАЛАМИ**

Предупреждение производственного травматизма является в настоящее время сложной проблемой, которую следует решать комплексно, различными путями: созданием безопасной техники, т.е. устранением конструктивных недостатков на стадии проектирования, а также разработкой организационных и технических мероприятий в процессе эксплуатации машин, механизмов и оборудования с учетом индивидуальных, психофизических и других факторов.

### **2.1 Организационные и технические методы и средства повышения безопасности работающих в зонах карданных передач**

Система организационных мероприятий при работе с карданными передачами (рис.2.1) включает [11,12]:

- профессиональный отбор А, включающий медицинский осмотр А1, соответствие возраста работающего А2 и наличие соответствующих удостоверений на право выполнения работ А3;

- инструктажи на рабочем месте Б, которые подразделяются на первичный Б1, внеплановый Б2 и повторный Б3 инструктажи, дающие необходимые сведения о технологическом процессе и оборудовании рабочего места; об основных опасных и вредных производственных факторах; об условиях безопасности технологического и организационного характера. После контроля знаний дается соответствующий допуск к работе;

- обучение В инженерно-технических работников В1 и курсовое обучение В2. Качество полученных знаний - в виде экзамена и выдачи соответствующего удостоверения;

- подготовку к работе Г, которая состоит в проверке машин, механизмов и оборудования Г1 и наличии на них защитных ограждений Г2;



- контроль Д, разделяющийся на административный Д1, инженера по охране труда Д2 и трехступенчатый административно-общественный Д3, в свою очередь подразделяющийся на ежедневный 1, еженедельный 2 и ежемесячный 3;

- средства индивидуальной защиты Е, включающие спецодежду Е1 в виде курток, комбинезонов, не имеющих развевающихся частей, которые могут быть захвачены выступающими частями карданных валов и средства индивидуальной защиты глаз Е2, особенно при работе в полевых условиях.

Система технических средств безопасности при работе с карданными передачами (рис.2.2) включает [18...21, 25...41]:

- средства дистанционного управления А с целью устранения работающих из опасной зоны, которые особенно находят применение на современных животноводческих комплексах;

- систему сигнализации Б, подразделяющуюся по функциональному назначению на переговорную Б1, которая в свою очередь разделяется на двухстороннюю звуковую 1 и световую 2 и применяется при обслуживании группой людей механизмов и агрегатов, и предупредительную Б2 сигнализацию, когда защитные ограждения карданных валов окрашивают снаружи в желтый, а внутри - в красный цвета;

- приспособления для очистки рабочих органов В в виде крючков и чистиков В1;

- предохранительные устройства Г, работающие по принципу ликвидации опасного производственного фактора в источнике его возникновения. Они разделяются на блокировочные устройства Г1, срабатывающие при ошибочных действиях работающего и на оградительные устройства Г2, срабатывающие при нарушении параметров технологического процесса или режима работы оборудования.

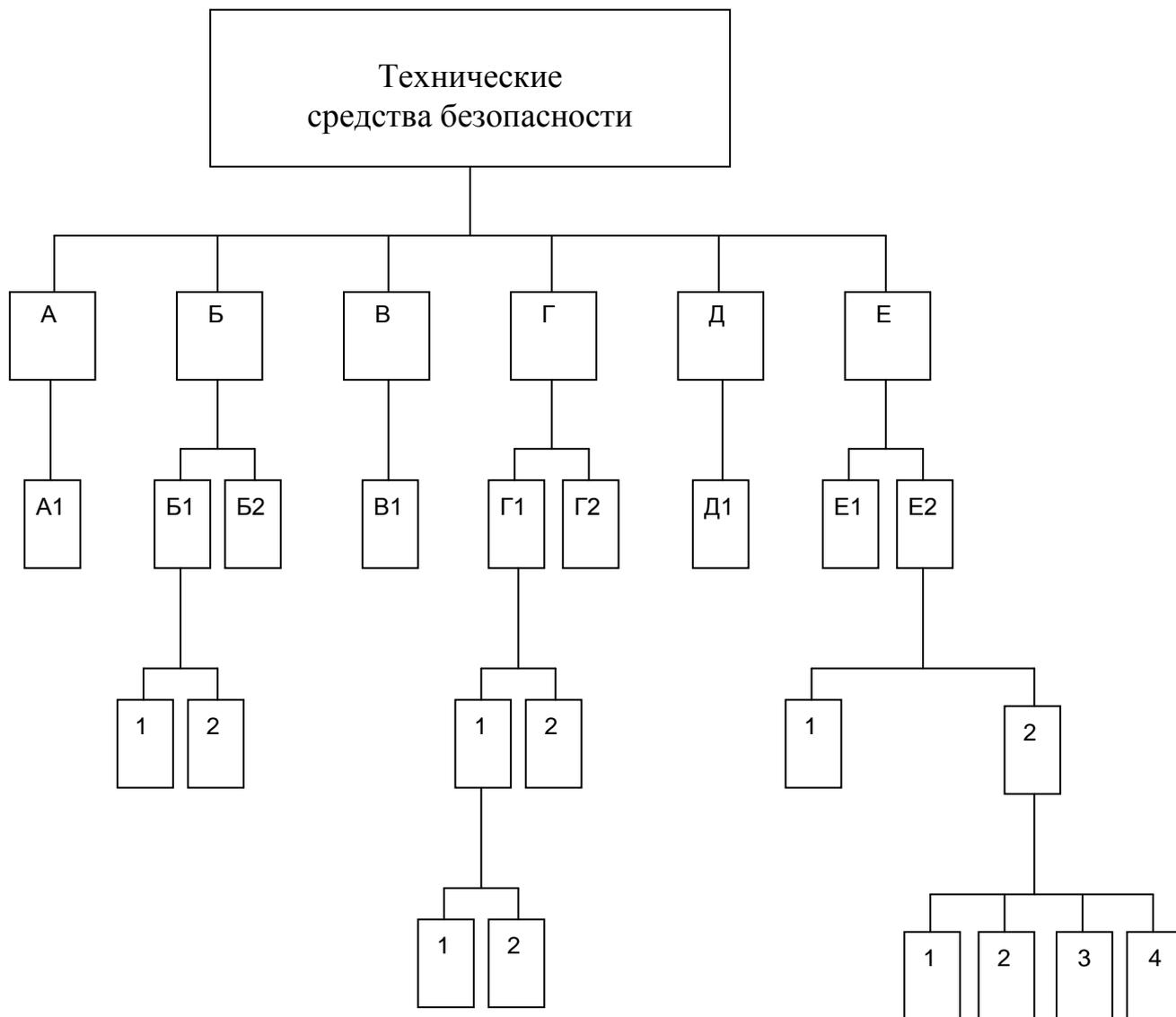


Рис. 2.2 – Технические средства безопасности, используемые при работе с карданными передачами

Первые по принципу действия разделяются на механические 1 и электрические 2. Механические устройства разработаны с целью предотвращения наматывания на карданный вал при отсутствии защитного кожуха 2, которые в свою очередь подразделяются на устройства, выполненные с защитным кожухом 1 и без защитного кожуха 2, которые срабатывают при подсоединении и рассоединении с защитным кожухом и закрепленных на корпусе трактора со стороны ВОМ. Электрические средства безопасности применяются для предотвращения запуска двигателя при включенной передаче. Ограничительные устройства применяются в виде предохранительных муфт, в основном фрикционных, в которых давление между поверхностями трения создается пружинами, отрегулированными на передачу предельно допустимого момента;

- освещение зоны вращающегося карданного вала Д1 в тех случаях, когда сельскохозяйственные работы выполняются в ночное время;

- защитные ограждения карданных валов Е, которые применяются в виде металлических сеток, решеток, щитков Е1 и защитных кожухов Е2, последние из которых разделяются на кожухи полузакрытого типа 1 и закрытого типа 2. Защитные кожухи закрытого типа - телескопические [25] и в зависимости от типа карданного вала подразделяются на 4 вида.

Проведенный анализ систем организационных мероприятий и технических средств безопасности показывает, что в комплексе они могут исключить травмирование обслуживающего персонала при работе с карданными передачами. Это пока не достижимо в сельскохозяйственном производстве, т.к. исключение хотя бы одного защитного мероприятия уже может привести к травматической ситуации, причем, пренебрежение техническими средствами защиты наиболее часто заканчивается несчастным случаем: работа на машинах, механизмах и оборудовании при отсутствии защитных ограждений - 30,08 % летальных травм, работа при снятых или неисправных ограждениях - 30,08 % летальных травм из общего числа таких травм (79,65%), происшедших по техническим причинам в результате наматывания на карданный вал.

## **2.2 Существующие направления совершенствования защиты работающих в зонах карданных валов**

Существует несколько направлений совершенствования защитных конструкций от захвата карданными валами. Первое – это создание ограждений карданных валов, выполняемых в виде металлических сеток, решеток, щитков и защитных кожухов, последние из которых разделяются на два типа: полузакрытого и закрытого. Сельскохозяйственные машины в настоящее время оснащены карданными валами согласно ГОСТ – 13758-89, которые по конструктивному исполнению подразделяются на 7 видов [25,26]:

01 – телескопические с универсальными карданными шарнирами без защитного кожуха;

02 – нетелескопические с универсальными карданными шарнирами без защитного кожуха;

10 – телескопические с универсальными карданными шарнирами с защитным кожухом;

20 – телескопические с универсальным карданным шарниром и карданным шарниром равных угловых скоростей с защитным кожухом;

30 – то же, что и 20, но с двумя карданными шарнирами равных угловых скоростей с защитным кожухом;

40 – телескопические с предохранительной муфтой и универсальными карданными шарнирами с защитным кожухом;

50 – телескопические с предохранительной муфтой и универсальным карданным шарниром, карданным шарниром равных угловых скоростей с защитным кожухом.

По величине передаваемого номинального крутящего момента карданные валы для сельскохозяйственных машин подразделяются на 5 групп:

50 Нм; 160 Нм; 400 Нм; 630 Нм; 1000 Нм.

Наибольшее распространение получили карданные валы 10 типа – телескопические с универсальными карданными шарнирами с защитным кожухом.

Зависимость доли неиспользуемых ограждений  $R$  от срока эксплуатации машин  $t$  [27]:

$$R = a \times t / (t + b), \quad (2.1)$$

где  $a = 0,9$  и  $b = 1,8$  – коэффициенты регрессии.

Это говорит о низкой долговечности защитных кожухов карданных валов, связанной с тем, что при оценке их защитных свойств на стадии проектирования не в полной мере учитывается специфика технологического процесса, выполняемого машинами и агрегатами.

Согласно обследованию технического состояния защитных кожухов и ограждений на МТА и стационарных сельскохозяйственных машинах [28] показало, что к концу первого года эксплуатации на машинах остается 80 % средств защиты, второго года – 69 %, третьего – 50 %, четвертого – 35 %, пятого – 30 %, шестого – 15 %, седьмого – 12 %, восьмого – 9%, девятого – 0 – 3 %.

Основными причинами снятия и неустановки защитных ограждений карданных валов согласно являются [29,30]:

- повышенная частота присоединения (рассоединения) вилки карданного вала с ВОМ трактора – 28 %;
- забивание растительной массы под защитный кожух – 22 %;
- повышенный шум, который генерируется при поворотах агрегата в результате соприкосновения карданного вала с защитным кожухом – 20,8 %;
- дополнительные трудности, которые создает защитный кожух при стыковке вилки с ВОМ трактора – 10,8 %;
- при проведении технического обслуживания и ремонте карданного вала – 6,5 %;
- при фиксации (расфиксации) вилки карданного вала с ВОМ трактора фиксирующим болтом – 5,4 %;
- прочие причины (поломки защитного кожуха и фиксирующих устройств, беспечность и т.д.) – 6,5 %.

Таблица 2.1 – Результаты выборочного обследования состояния защитных кожухов на карданных валах сельскохозяйственных агрегатов (по данным ВНИИОТ)

Наименование и марка агрегируемой машины	Количество обследованных агрегатов, шт.	Состояние защитного кожуха карданного вала				Показатель эксплуатации без защитного кожуха	Удельный вес травматизма с летальным исходом	Относительный показатель травмостности машин
		всего на валу	исправный	неисправный	снят с вала			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пресс-подборщик ПС-1,6; ПСБ-1,6	10	6	4	2	4	0,60	0,24	24,0
Косилка измельчительная КИР-1,5	53	11	8	3	42	0,85	0,104	10,4
Подборщик-копнитель ПК-1,6	28	8	4	4	20	0,86	0,07	7
Кормораздатчик КТУ -10; КУТ	7	4	3	1	3	0,56	0,07	7
Силосоуборщик КС-1,8	45	19	17	2	26	0,62	0,02	2
Силосоуборочный комбайн КС-2,6; КСС-2,6	22	11	9	2	11	0,59	0	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Измельчитель соломы КУФ-1,8	13	9	8	1	4	0,38	0,03	3
Ботвоуборочная маши-на БМ-6А	30	17	15	2	13	0,5	0	0
Косилка роторная навесная КРН-2,1	9	-	-	-	9	1,0	0	0
Картофелесажалка СН-4Б	11	1	1	-	10	0,91	0	0
Картофелеуборочный комбайн ККУ-2	5	1	1	-	4	0,80	0,104	10,4
Картофелекопатель КТН-2В	8	-	-	-	8	1,0	0	0
Опрыскиватель ОВТ-1А	12	1	1	-	11	0,92	0,011	1
Разбрасыватель органических удобрений	15	3	1	2	12	0,9	0,1	10
Итого:	268	91	72	19	177	0,72	-	-

Результаты распределения травм карданными валами и показатели использования ограждающих средств приведены в таблице 2.1. Авторы [28] объясняют большой перепад в значениях вероятности риска травмы для различных сельскохозяйственных машин различной частотой вхождения трактористов в опасную зону - зону неогражденной карданной передачи.

Работы, выполненные за рубежом, направлены на создание пластмассовых легкоъемных сильфонных или трубчатых защитных кожухов [31]. Фирма Agromet разработала карданные валы в пластмассовом защитном кожухе трех типоразмеров по крутящему моменту, отличающиеся тем, что для всех типоразмеров используется пластмассовый защитный кожух, а телескопическое соединение карданного вала имеет три исполнения. Фирма Magda-lena выпускает карданные валы в пластмассовом защитном кожухе при частоте вращения 540 и 1000 мин<sup>-1</sup>. Защитный кожух выполнен телескопического сильфонного типа.

Мировыми лидерами по техническому уровню карданных валов и защитных кожухов являются фирма Walterscheid, конструкции которых позволяют без отключения привода осуществлять относительное угловое перемещение трактора и машины до 75°, в то время как у конструкций фирмы «Аксайкардандеталь» этот угол составляет только 50°, а пластмассовые защитные кожухи отличаются необходимой статической и ударной прочностью и выполнены телескопическими сильфонного типа. Фирма Bondioli Pavesi, которая разработала быстродействующее стопорное устройство, в котором отсутствуют болт или штифт, а вместо него на валу вилки карданного вала имеется пластмассовое кольцо с тремя стопорными шариками. Внутренний профиль вала выполнен на входе по типу предкамеры с тем, чтобы в начальной фазе процесса установки механизатору не нужно было держать карданный вал на весу. Пластмассовое кольцо смещается при установке в сторону ВОМ, при этом разводятся стопорные шарики. Карданный вал продвигается дальше на хвостовик ВОМ, а пластмассовое кольцо под действием пружины возвращается в исходное положение. Угловое перемещение трактора и машины составляет до 50°, по

лицензии которых завод “Аксайкарддеталь” (Россия) выпускает карданные валы.

С начала 2000-х годов ведущими производителями карданных валов и поставщиками запасных частей к ним являются: "GKN Service International GmbH", "WELTE", Klein" (Германия), ОАО "Людиновский тепловозостроительный завод" (Россия), "Черниговавтодеталь" (Украина), "Krystan", "Mechanix", "EURODRIVESHAFTS" (Польша) [32].

Производственно-коммерческое предприятие «ТОДО "Грокард"», действительный член Торгово-промышленной палаты Республики Беларусь, специализируется (табл. 2.2) на поставках на внутренний и внешний рынок любых карданных валов, крестовин, шарниров производства ОАО "Белкард"(Беларусь), аналогичных по конструкции, силовым характеристикам и качеству карданным валам производства "GKN Service International GmbH"(Германия). Конструктивными особенностями их являются: быстро-съемное шариковое присоединение; защитный чехол; механизм изменения длины карданного вала, выполненный в виде двух профилированных, с профилем “лимон”, наружной и внутренней труб; полимерное покрытие труб. Технические характеристики карданных валов фирмы «ТОДО "Грокард"» выпускаются 5-ти типоразмеров [32].

Таблица 2.2 - Технические характеристики карданных валов фирмы «ТОДО "Грокард"»

Передаваемый крутящий момент $M_{кр}$ . Н*м без остаточной деформации	Типоразмер карданного вала
160	980
250	980
400	1900
630	3000
1500	5000

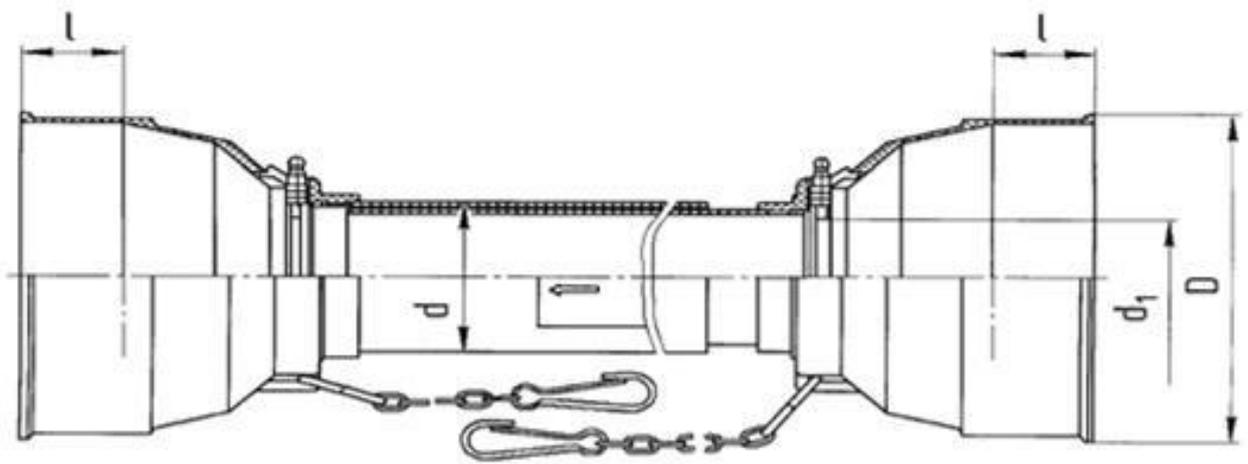
Фирма "HION" (КНР) производит Валы карданные телескопические в защитном кожухе с универсальными шарнирами в сборе: вал карданный телескопический в защитном кожухе с Универсальными шарнирами в сборе, серия G103 (типоразмер 37-QDQD); вал карданный телескопический в защитном кожухе с универсальными шарнирами в сборе, серия G203 (типоразмер 37-QDQD); вал карданный телескопический в защитном кожухе с универсальными шарнирами в сборе, серия G402 (типоразмер 34-QDQD); вал карданный телескопический в защитном кожухе с универсальными шарнирами в сборе, серия G602 (типоразмер 37-QDQD) [32].

Херсонский завод карданных валов - предприятие по производству карданных валов и запасных частей к тракторам ("Кировец", ХТЗ, "Белорусь") четырех типоразмеров: Карданные валы со шлицевым соединением для компенсации осевого перемещения; Карданные валы со шлицевым соединением и защитным кожухом, для компенсации осевого перемещения; Карданные безтрубные валы со шлицевым соединением для компенсации осевого перемещения; Карданные валы с фланцевым креплением с одной стороны; Карданные валы с промежуточной опорой, собранные из двух карданных валов.

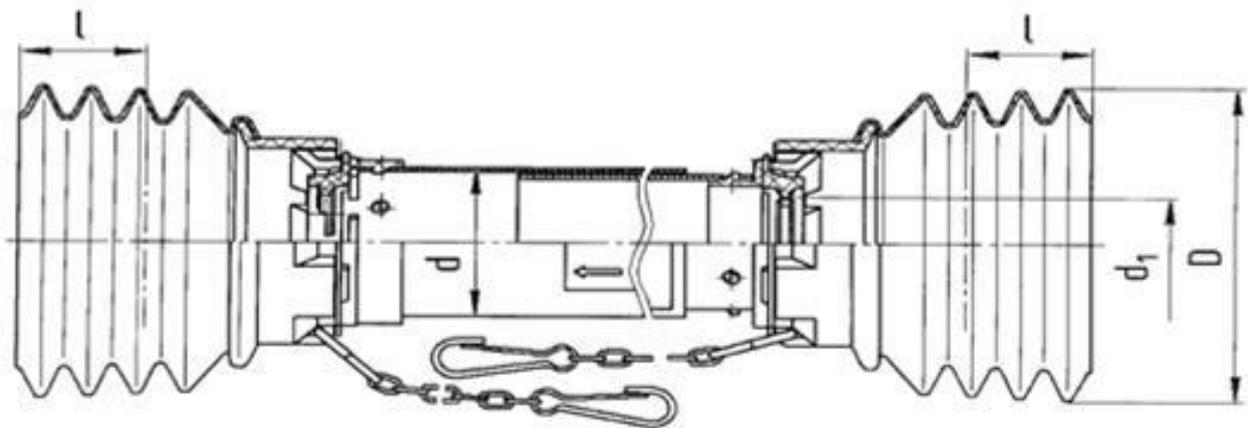
ООО «Украинский кардан» производит защитные кожухи (рис. 2.3) следующих типоразмеров, приведенных в таблице 2.3 [32].

Таблица 2.3 – Типоразмеры карданных валов фирмы  
ООО «Украинский кардан»

Типоразмер	Код кожуха	D, мм	d, мм	d <sub>1</sub> , мм	L, мм
21,31	11	145	80	50,5	15
21,31	21	168	80	50,5	55,5
41	12	175	80	62,5	28
61	13	200	80	62,5	



а)



б)

Рис. 2.3,а-б: Защитные кожухи для карданных валов

Таблица 2.4 – Сравнительные технические характеристики карданных валов

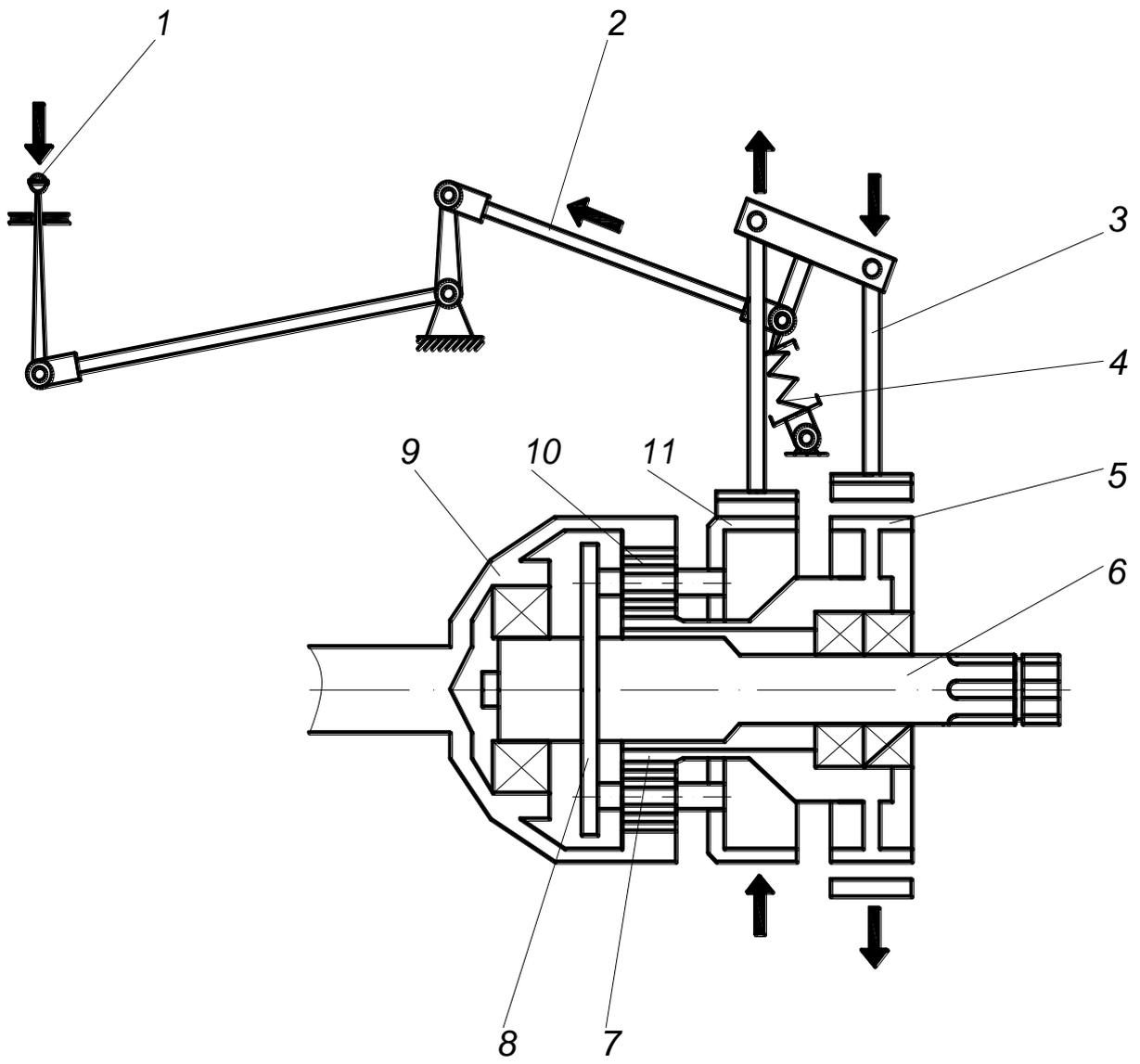
Характеристика изделия	Фирма		
	Аксайкардандеталь, Россия	Вальтер-Шайд, Германия	Бондиоли-Павези, Италия
1	2	3	4
Передача номинального крутящего момента при рабочих углах трактора и прицепной машины, град	22 для универсальных шарниров,	22	22
	25 для шарниров равных угловых скоростей	75	
Кратковременный угол наклона шарниров равных угловых скоростей при повороте МТА с включенным ВОМ трактора, град	не более 50	75	75
Крепление вилки кардана на хвостовике ВОМ	болт + гайка	подпружиненный штифт быстрофиксирующее устройство болт + гайка	подпружиненный штифт

1	2	3	4
<p>Защитный кожух:</p> <p>материал</p> <p>фиксация от вращения</p> <p>воронки под хвостовики ВОМ и ВПМ</p> <p>Установленный ресурс карданных валов при работе с постоянной номинальной нагрузкой и рабочем угле 15°, час</p> <p>Устройство для удержания карданного вала в горизонтальном положении</p>	<p>металлический лист</p> <p>цепочка</p> <p>металлический козырек (трактор)</p> <p>500</p> <p>-</p>	<p>пластмассовый</p> <p>цепочка</p> <p>пластмассовый (трактор) пластмассовый (прицепная машина)</p> <p>не указ.</p> <p>Пружинное устройство</p>	<p>пластмассовый</p> <p>цепочка</p> <p>пластмассовый (трактор) пластмассовый (прицепная машина)</p> <p>не указ.</p> <p>-</p>

Несмотря на то, что указанные конструкции имеют достаточно преимуществ перед отечественными (табл. 2.4), они также не обеспечивают безопасность обслуживающего персонала, т.к. в этом случае можно эксплуатировать с/х технику без средств защиты.

Второе направление связано с разработкой системы управления [33] приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором (рис.2.4, а, б), которая содержит рукоятку управления 1 с защелкой и рычагом, тягу 2 и стопорную пластину. Рабочее оборудование для привода заднего вала отбора мощности содержит приводной вал с коронной шестерней 9, солнечную шестерню 7, водило 8 с тремя сателлитами 10 и ведомым валом 6 с хвостовиком, тормозной шкив и тормозную колодку солнечной шестерни 5, тормозной шкив и тормозную колодку водила сателлитов 11.

Задний вал отбора мощности системы может включаться в работу при работающем двигателе, как при включенной трансмиссии независимо от выключения сцепления (независимый ВОМ), так и при выключенном сцеплении (зависимый ВОМ). В случае независимого ВОМ крутящий момент на него передается следующим образом. Пользователь, находясь в кабине трактора, выводит фиксатор рычага управления 1 и переводит его из нейтрального положения или положения «ВОМ-Выключено» в положение «ВОМ-включено». При этом шкив солнечной шестерни 7 и связанная с ним солнечная шестерня 5 затормаживаются, вынуждая приводной вал и жестко связанную с ним коронную шестерню 9, вращаться вокруг неподвижной солнечной шестерни, вовлекая во вращательное движение водило 8 с тремя сателлитами 10 и жестко связанный с ним ведомый вал 6, конец которого имеет шлицы для присоединения к нему карданного вала прицепной или навесной сельскохозяйственной машины. Одновременно с затормаживанием шкива солнечной шестерни 7 происходит растормаживание шкива водила сателлитов 10 [33].



a

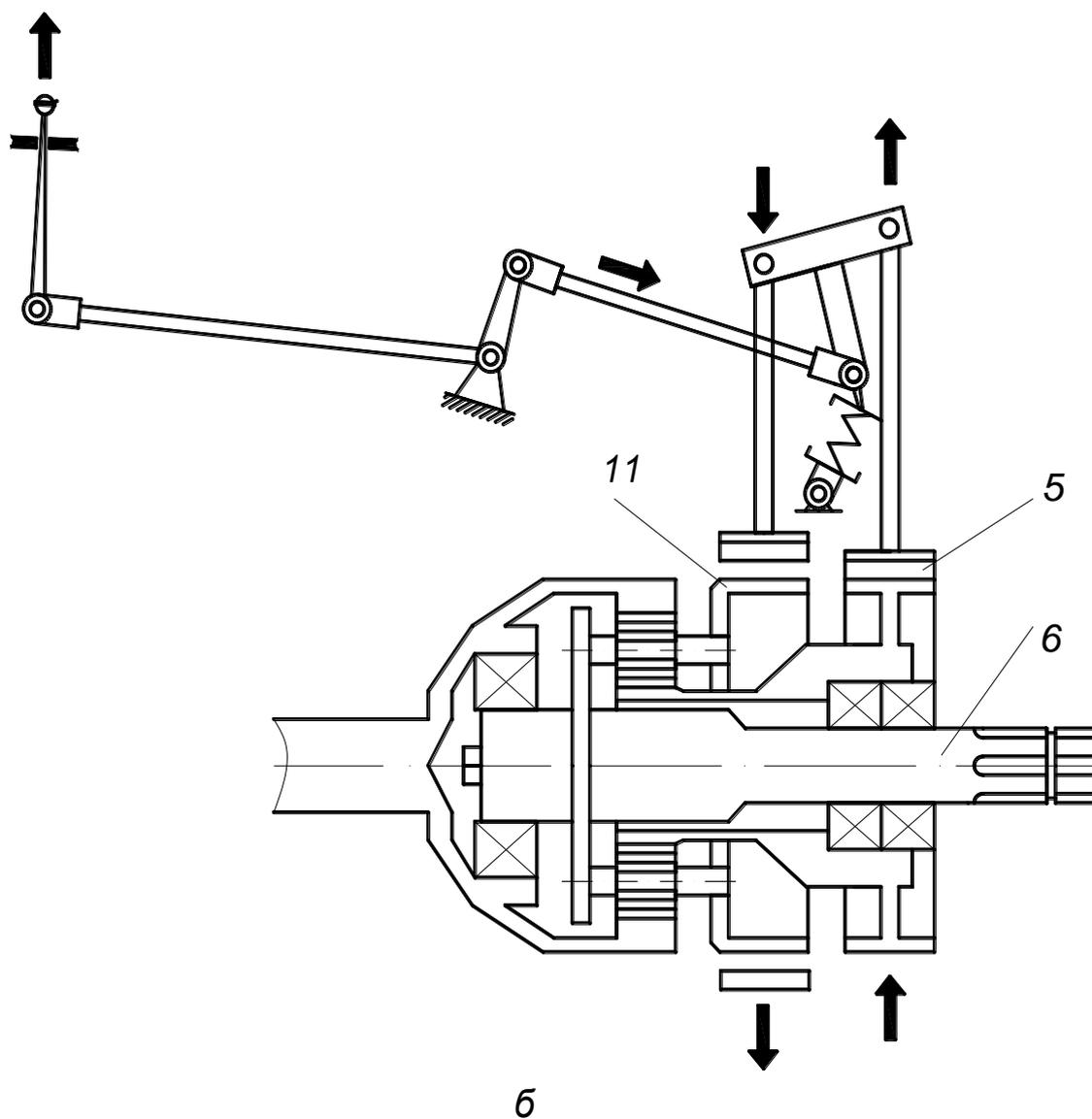


Рис.2.4, а-б – Система управления приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором: а – ВОМ выключен; б – ВОМ включен  
 1-рукоятка управления, 2-тяги. 5,7-шестерня, 8-водило, 9-коронная шестерня, 10-сателлиты, 11-водило

Основным недостатком указанной системы управления приводом заднего ВОМ является возможность выхода пользователя из кабины для устранения различных технических и технологических отказов при вращающемся ВОМ и сочлененном с ним карданном вале, выступающие элементы которого часто захватывают одежду пользователя, что приводит к травмам различной степени тяжести и смертельным травмам [33].

Система управления приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором самоходного энергетического средства, обеспечивающих передачу крутящего момента рабочим органам только при движении машинно-тракторного агрегата [30,34]. Использование системы обеспечивает безопасность пользователя, а именно, исключение его травмирования выступающими элементами вращающегося вала отбора мощности и сочлененного с ним карданного вала агрегируемой машины за счет предотвращения передачи крутящего момента при остановке машинно-тракторного агрегата.

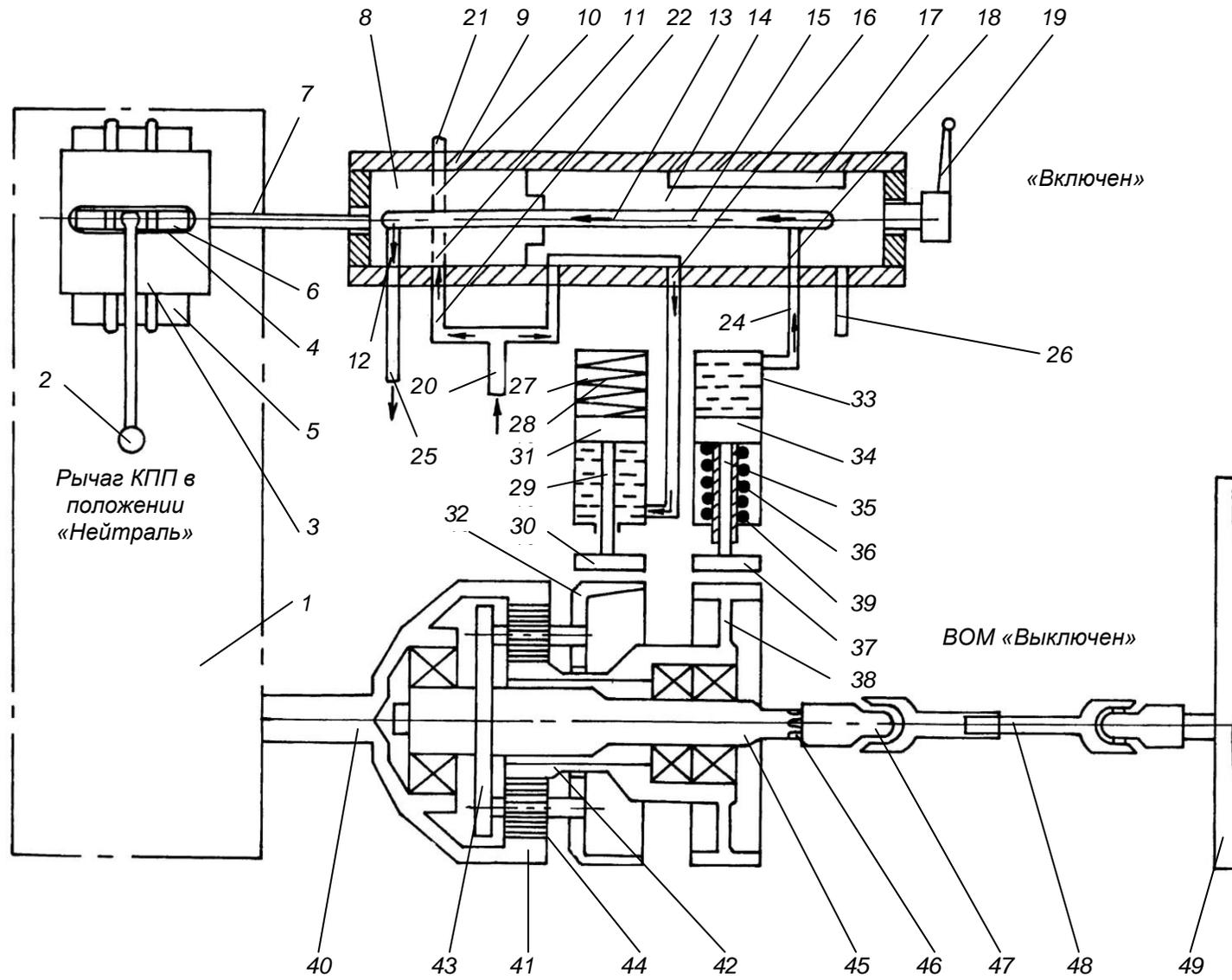
Сущность предлагаемой системы (рис.2.5,а-в) заключается в следующем. Система управления приводом заднего вала отбора мощности самоходного энергетического средства, содержащая коробку перемены передач (КПП) с рычагом, включает рычаг управления, штоки, тормозные колодки, тормозной шкив водила сателлитов, тормозной шкив солнечной шестерни, планетарный редуктор с валом отбора мощности. Система отличается тем, что КПП снабжена рамкой с поперечным пазом, охватывающим рычаг КПП.

Система также содержит распределитель с установленными в нем с возможностью независимого углового поворота вокруг общей оси двумя золотниками. Первый золотник поворачивается с помощью жестко присоединенной к внешнему торцу золотника рамки, при повороте ее рычагом КПП. Поворот второго золотника осуществляется пользователем из кабины трактора с помощью рычага управления. Оба золотника имеют общий осевой канал, связанный с тремя радиальными каналами первого золотника и одним радиальным каналом второго золотника. Связь золотников с нагнетательными и сливными магистралями осуществляется посредством двух обходных продольных каналов, выпол-

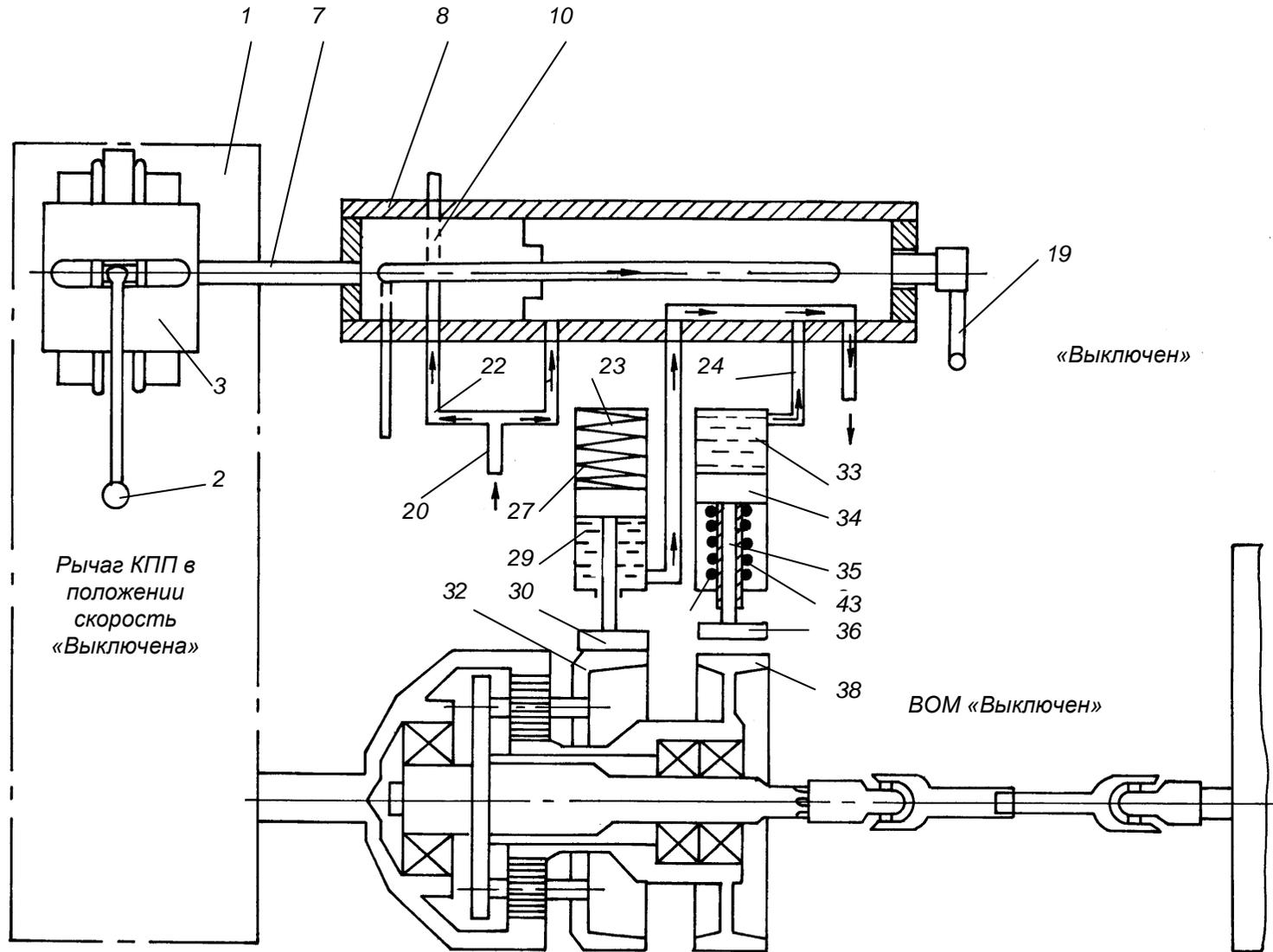
ненных в виде шпоночного паза и не связанных между собой и другими каналами. Параметры и расположение обходных каналов обеспечивают при переводе пользователем второго золотника с помощью рычага управления в положение "ВКЛЮЧЕНО" или "ВЫКЛЮЧЕНО" изменение направления потока рабочей жидкости. Исполнительный цилиндр водила с поршнем жестко связан со штоком тормозной колодки для взаимодействия посредством пружины и рабочей жидкости с тормозным шкивом водила сателлитов с возможностью его затормаживания или растормаживания. Исполнительный цилиндр солнечной шестерни включает поршень, шток, втулку, пружину и тормозную колодку. Поршень и тормозная колодка жестко связаны между собой посредством штока. Шток введен во втулку, торец которой жестко закреплен к поршню. На внешней поверхности втулки, во внутренней полости цилиндра, расположена пружина, предназначенная для растормаживания шкива солнечной шестерни.

На рис. 2.5,а показана принципиальная схема предлагаемой системы управления приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором в положении "Нейтраль"; на рис. 2.5, б - то же, в положении "ВОМ выключен"; на рис. 2.5, в – тоже, в положении "ВОМ включен".

Система содержит коробку перемены передач 1, рычаг 2 коробки перемены передач, качающуюся рамку 3 с поперечным пазом 4, установленную в коробке перемены передач 1 над ползунами 5 с пазами 6 так, что при их перемещении рамка совершает угловой поворот на оси 7 вместе с золотником 8, размещенным в корпусе распределителя 9. В золотнике 8 выполнены три радиальных канала 10, 11 и 12, соединенные между собой осевым каналом 13. Каналы 10 и 11 предназначены для движения по ним нагнетаемого потока рабочей жидкости при включении рычагом 2 какой-либо передачи, а канал 12 - для слива жидкости из цилиндра шкива солнечной шестерни. Внутри корпуса распределителя 9 соосно с золотником 8 размещен золотник 14 так, что его осевой канал 15 постоянно связан с осевым каналом 13 золотника 8.



а



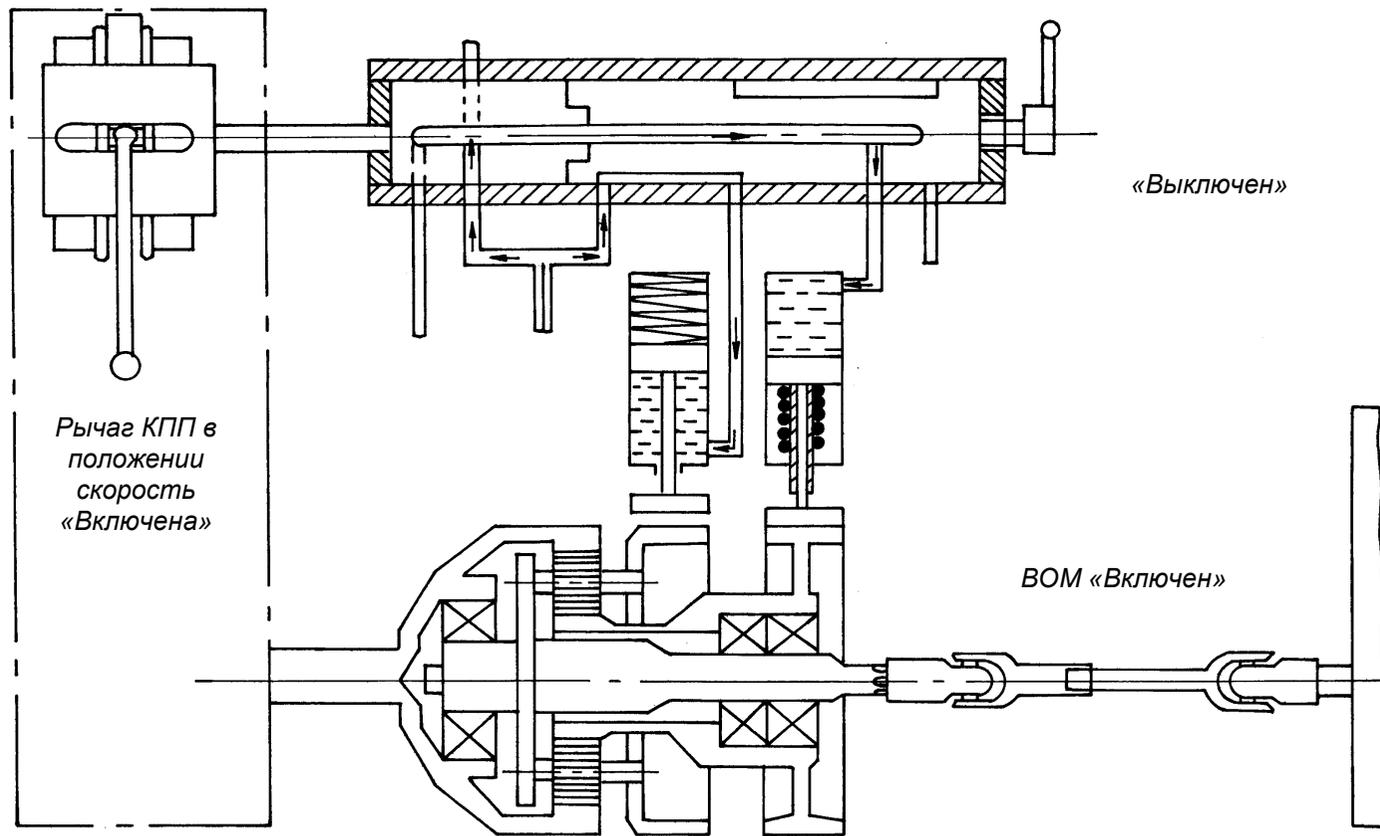


Рис. 2.5,а-в – Система управления приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором:

а – Нейтраль; б – ВОМ выключен; в – ВОМ включен

1-коробка перемены передач, 2-рычаг, 3-качающаяся рамка, 4-поперечный паз, 5-ползун, 6-паз, 7-ось, 8-корпус распределителя, 10,11,12-радиальные каналы, 13,15-осевые каналы, 14-золотник, 16,17-обходные каналы, 18-радиальный канал, 19-рычаг управления, 20,21-нагнетательные магистрали, 22,23,25-магистрали, 24-сливная магистраль, 26-сливной канал, 27-исполнительный цилиндр, 28-пружина, 29-шток, 30-колодка, 31-поршень, 31-тормозной шкив, 32-тормозной шкив, 33-исполнительный цилиндр, 34-поршень, 35-шток, 36-штулка, 37-колодка, 38-шкив, 39-пружина, 40-тормозной вал, 41-коронная шестерня, 42-солнечная шестерня, 43-водило, 44-сателлиты, 45-ведомый вал, 46-шлицы, 47-вилка, 48-карданный вал, 49-агрегируемая машина

На цилиндрической поверхности золотника 14 выполнены в виде шпоночного паза продольные обходные каналы 16 и 17, не связанные с другими каналами, а также радиальный канал 18, соединяющийся с осевым каналом 15. Золотник 14 может занимать в корпусе распределителя 9 с помощью рычага управления 19 два положения: "Выключено" и "Включено". Размеры продольного обходного 16, радиального 18 каналов и их взаимное расположение между собой и продольным обходным каналом 17 подобраны так, что при установке пользователем золотника 14 с помощью рычага управления 19 в положение "Включено", золотника 8 с помощью рычага 2 КПП в нейтральное положение, вход рабочей жидкости в корпус распределителя 9 по нагнетательным 20 и 21 магистралям перекрывается, магистрали 22 и 23 соединяются продольным обходным каналом 16, а продольный канал 18 соединяет магистраль 24 посредством осевых каналов 15, 13 и радиального канала 12 со сливной магистралью 25. Размеры продольного обходного канала 17 и его расположение относительно каналов 16, 18 и 15 выбираются так, чтобы при установке пользователем золотника 14 с помощью рычага управления 19 в положение "Выключено", золотника 8 с помощью рычага 2 КПП в нейтральное положение продольный обходной канал 17 соединял 23 и 24 каналы со сливным каналом 26, перекрывая связь с другими магистралями. Магистраль 23 соединена с исполнительным цилиндром 27 водила сателлитов. Цилиндр 27 имеет пружину 28, шток 29, жестко связанный с тормозной колодкой 30. Пружина 28 воздействует на поршень 31 и жестко связанный с ним шток 29 и колодку 30, прижимая их к тормозному шкиву 31 водила сателлитов. Распределитель 9 связан посредством магистрали 24 с входом в рабочую полость исполнительного цилиндра 33 солнечной шестерни. Его поршень 34 жестко связан со штоком 35, перемещающимся совместно со втулкой 36, жестко связанный с поршнем 34 и предназначенной для удержания пружины 39, и колодкой 37 шкива 38 солнечной шестерни.

Управление приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором заключается в поэтапном выполнении трех операций: перевод ВОМ в

нейтральное положение, при котором тормозные шкивы водила и солнечной шестерни должны быть расторможены; перевод ВОМ в положение "Выключено", при котором затормаживается шкив водила сателлитов и одновременно растормаживается шкив солнечной шестерни; перевод ВОМ в положение "Включено", которому соответствует растормаживание шкива водила сателлитов и затормаживание шкива солнечной шестерни.

Нейтральному положению ВОМ соответствует нейтральное положение рычага 2 коробки перемены передач 1, при котором поперечный паз 4 качающейся рамки 3 совпадает с поперечными пазами 6 ползунов 5, жестко связанный с рамкой 3 золотник 8 расположен в корпусе распределителя 9 так, что его радиальные каналы 10 и 11 перекрыты, а масло из гидросистемы трактора по магистрали 22 заходит в золотник 14, движется по его обходному каналу 16 и из него попадает по магистрали 23 в исполнительный цилиндр 27 водила, где, преодолевая сопротивление пружины 28, отодвигает шток 29 и жестко связанную с ним тормозную колодку 30 от тормозного шкива водила 32. Одновременно масло из исполнительного цилиндра 33 солнечной шестерни под действием пружины 39 по магистрали 24, каналам 18, 15, 13 и 12 золотников 14 и 8 и магистрали 25 идет на слив. При этом тормозная колодка 37 под действием пружины 39 отходит от тормозного шкива 38 солнечной шестерни, что делает невозможным передачу крутящего момента на ВОМ от коробки передач. В то же время свободное, от руки, вращение ВОМ возможно. Пользователь в этом положении может безопасно сочленять хвостовик ВОМ с вилкой карданного вала для последующей передачи крутящего момента рабочим органам прицепных или навесных машин.

Перевод ВОМ в положение "Выключено" осуществляется пользователем только из кабины трактора путем перевода золотника 14 рычагом управления 19 из положения "Включено" в положение "Выключено". При этом золотник 14 поворачивается в корпусе распределителя 9, перекрывая доступ масла из нагнетательной магистрали 22, соединяет магистрали 23 и 24 посредством обходного канала 17 со сливной магистралью 26. В этом положении пружина 28, воздей-

ствуя на поршень 31 исполнительного цилиндра 27 и его шток 29, жестко связанный с колодкой 30, затормаживает шкив 32 водила сателлитов. Хвостовик ВОМ становится неподвижным, шкив 38 солнечной шестерни остается расторможенным.

Перевод ВОМ в положение "Включено", при этом осуществляется передача на него крутящего момента, производится пользователем только из кабины трактора путем нажатия на педаль муфты сцепления, если при этом требуется, чтобы машинно-тракторный агрегат оставался неподвижным, и одновременное включение с помощью рычага 2 КПП любой из передач. Золотник 14 распределителя 9 пользователь с помощью рычага управления 19 переводит в положение "Включено". Если же требуется включить ВОМ на движущемся агрегате, то для этого пользователю достаточно только установить золотник 14 с помощью рычага управления 19 в положение "Включено". В процессе выполнения этих операций рычаг 2 КПП, введенный в поперечный паз 4 качающейся рамки 3, повернет ее на оси 7, а вместе с рамкой повернется золотник 8 в корпусе распределителя 9 на угол, при котором один из его радиальных каналов 10 или 11, в зависимости от того, в какую сторону переместится рычаг 2 КПП, открывает доступ маслу в осевые каналы 13 и 15 и в связанную с ними магистраль 24. Одновременно с этим перекрывается выход радиального канала 12 в сливную магистраль 25. По магистрали 22 поток масла поступает в распределитель 9 и по обходному продольному каналу 16 золотника 14 выходит из него, попадая по магистрали 23 в рабочую полость исполнительного цилиндра 27 и отодвигая его поршень 31, связанный с ним шток 29 и колодку 30 от тормозного шкива 32 водила сателлитов. Пружина 28 при этом сжимается под действием передвигающегося поршня 31, а тормозной шкив 32 растормаживается. Одновременно с этим масло из магистрали 24 попадает в рабочую полость исполнительного цилиндра 33, передвигает его поршень 34 и жестко связанный с ним шток 35, который, преодолевая сопротивление пружины 39, перемещается совместно с втулкой 36 и тормозной колодкой 37, до соприкосновения с тормозным шкивом 38 солнечной шестерни, вызывая ее затормаживание. Это вынуж-

дает тормозной вал 40 и жестко связанную с ним коронную шестерню 41 вращаться вокруг неподвижной солнечной шестерни 42, вовлекая во вращательное движение водило 43 с тремя сателлитами 44 и жестко связанный с ним ведомый вал 45, конец которого имеет шлицы 46 для сочленения с ним вилки 47 карданного вала 48 агрегируемой машины 49.

Основными недостатками указанных конструкций являются:

- не учтены травматические ситуации, которые имеют место при движении агрегатов;

- отсутствие возможностей регулировок и очистки рабочих органов машин при остановках агрегатов;

Третье направление связано с разработкой защитных устройств, позволяющих предотвращать контакт работающих с неогражденной вращающейся зоной карданного вала за счет того, что в случае отсутствия защитного кожуха нет возможности эксплуатировать с/х технику. Впервые такие конструкции были разработаны учеными кафедры охраны труда Ленинградского СХИ, к которым относятся предохранительные устройства карданных валов.

По исполнению устройства можно разделить на конструкции, которые монтируются на тракторе в виде блокировочного устройства передачи крутящего момента [34...38]; выполнены также в виде блокировочного устройства, встроенного в конструкцию защитного кожуха [39, 40].

Несмотря на явные преимущества указанных устройств, можно отметить и их недостатки:

- низкие эксплуатационные свойства и надежность работы пока не дают возможности серийного применения их в с/х производстве;

- указанные конструкции не обеспечивают безопасность из-за низкой эффективности защиты, т.к. в случае их применения имеется возможность появления неогражденной зоны карданного вала.

Анализ предохранительных устройств проведен на основе литературных источников [35...41].

Предохранительное устройство (рис.2.6) для карданного вала [35... 37], содержащее защитный кожух 4, установленный коаксиально валу с возможностью осевого перемещения, и снабженное отключающими механизмами, выполненные в виде вала 3 с наружными шлицами на концах, установленного между карданным валом и валом приводной машины и связанного с первым неподвижно, а со вторым - с помощью подвижной в осевом направлении шлицевой втулки 2, а также оси 6, расположенной параллельно оси вала с возможностью осевого перемещения, поджатой пружиной 5 к торцу защитного кожуха и связанной со шлицевой втулкой 2 с помощью вилки 7.

Устройство имеет корпус 1, с размещенным в нем механизмом отключения. Корпус крепится к остову машины в месте выхода ВОМ 8.

При установке защитного кожуха 4 карданного вала приводной машины фланец ограждения закрепляется на корпусе 1 и, воздействуя на подвижную ось 6, перемещает зафиксированную на ней вилку 7, входящую в паз шлицевой втулки 2 (с ней и втулку 2), влево. Последняя соединяет ВОМ 8 и вал 3, которые при включении ВОМ передают крутящий момент на карданный вал.

При снятии защитного кожуха 4 карданного вала пружина 5 перемещает подвижную ось 6, вилку 7 и шлицевую втулку 2 вправо, разъединяя ВОМ 8 и вал 3, прекращая передачу крутящего момента на карданный вал.

Устройство отличается простотой конструкции, но имеет следующие недостатки:

- износ шлицевой втулки и вилки из-за создаваемого трения между ними;
- возможность повреждения оси, которая выступает за пределы корпуса устройства, если трактор используется с другими с/х машинами, не требующими привода от ВОМ;
- возможные перекосы вилки и необходимость сверления в корпусе заднего моста трактора сквозного отверстия под ось.

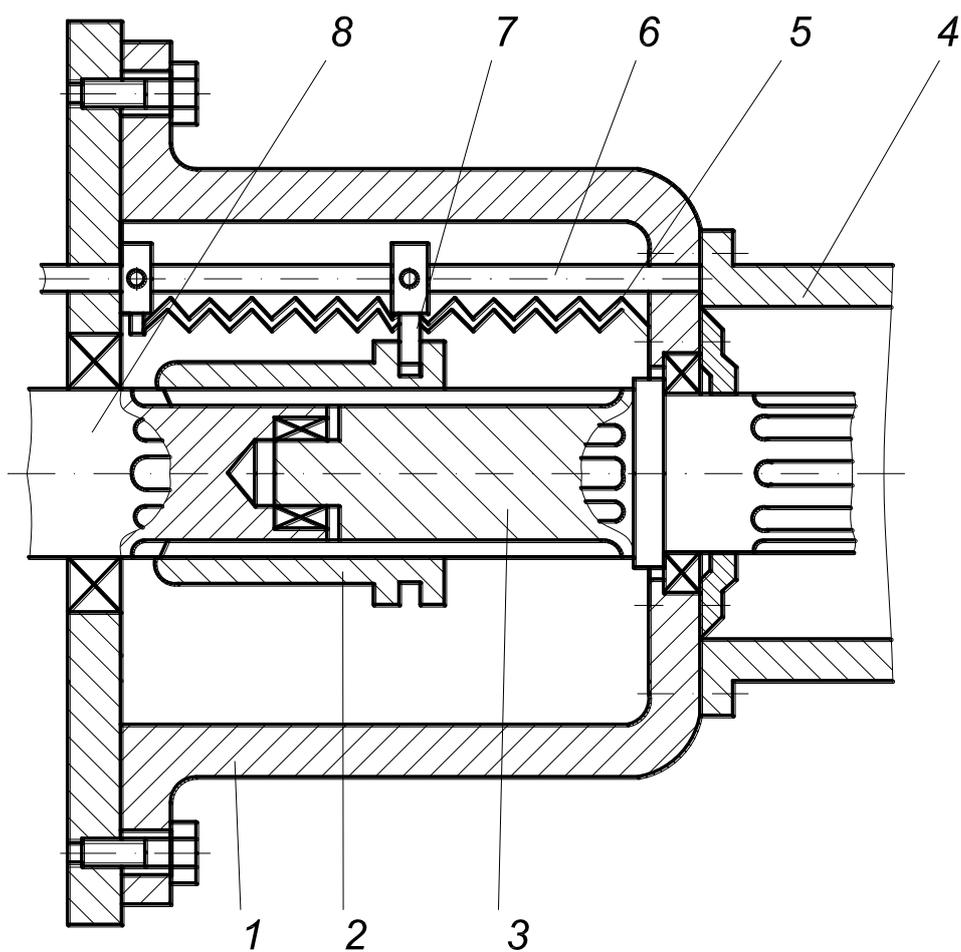


Рис.2.6– Предохранительное устройство для карданного вала:

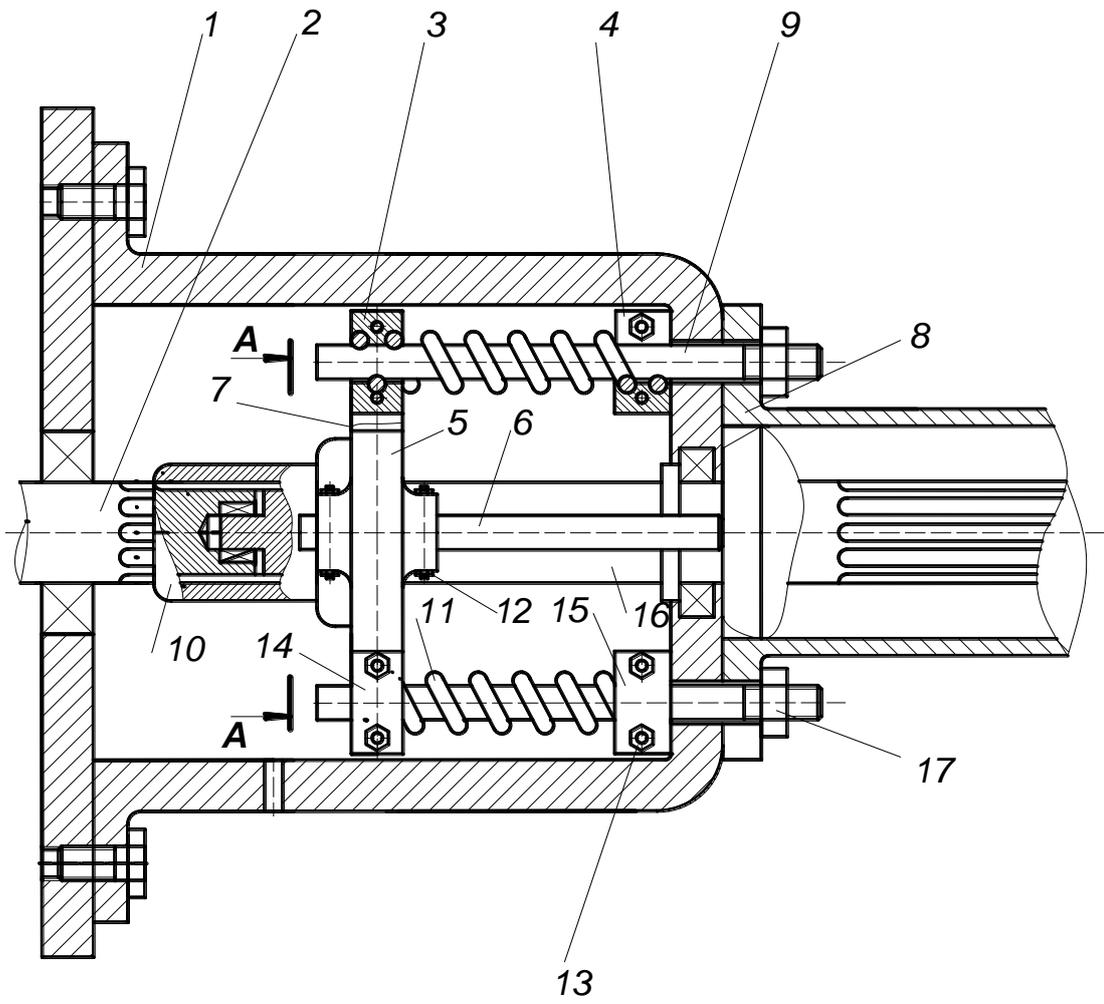
1-корпус, 2-втулка, 3-вал, 4-защитный кожух, 5-пружина, 6-ось, 7-вилка, 8-вал отбора мощности

Предохранительное устройство (рис.2.7, а-в) для карданного вала [38], является дополнением к устройству [35...37] с целью повышения надежности, в котором вилка выполнена кольцевой, устройство снабжено, по меньшей мере, одной дополнительной осью и установленными на вилке стержнями, свободные концы которых выведены через выполненные в корпусе устройства и в защитном кожухе отверстия и связаны разъемным соединением с кожухом, а пружины расположены на стержнях и жестко связаны одним концом с вилкой, а другим - с корпусом устройства.

Устройство содержит корпус 1, ведущий вал 2, сборные зажимы 3 и 4, кольцевую вилку 5, упорную ось 6, дополнительную ось 7, защитный кожух 8, стержни 9, шлицевую втулку 10, пружины 11, болты 12 крепления составных частей кольцевой вилки 5, болты 13 крепления сборных зажимов 3 и 4, съемные накладки сборных зажимов 14 и 15, шлицевой вал 16, гайку 17 разъемного соединения.

При установке защитного кожуха 8 на стержни 9 он своим фланцем упирается в ось 6 и дополнительную ось 7, которые перемещают кольцевую вилку 5, а вместе с ней зажимы 11 пружин. Пружины 11, зажатые зажимами 4, растягиваются и скользят по поверхности стержней 9, кроме концов пружин 11, помещенных в зажимах 3. На поверхностях стержней 9, зажимов 3 и 4 и сборных накладок 14 и 15, имеются спиральные канавки глубиной, равной половине толщины пружины, что обеспечивает невозможность перемещения концов стержней 9 относительно пружин 11. Посредством затягивания гаек 17 обеспечивается жесткое крепление защитного кожуха 8 к корпусу 1 устройства.

При снятии кожуха 8 отворачиванием гаек 17 пружины 11 стягиваются и посредством кольцевой вилки 5 перемещают вправо шлицевую втулку 10, выводя ее из зацепления со шлицами ведущего вала 2. Передача вращения на вал 16 устройства, а значит и карданный вал, прекращается, несмотря на то, что ведущий вал вращается.



a

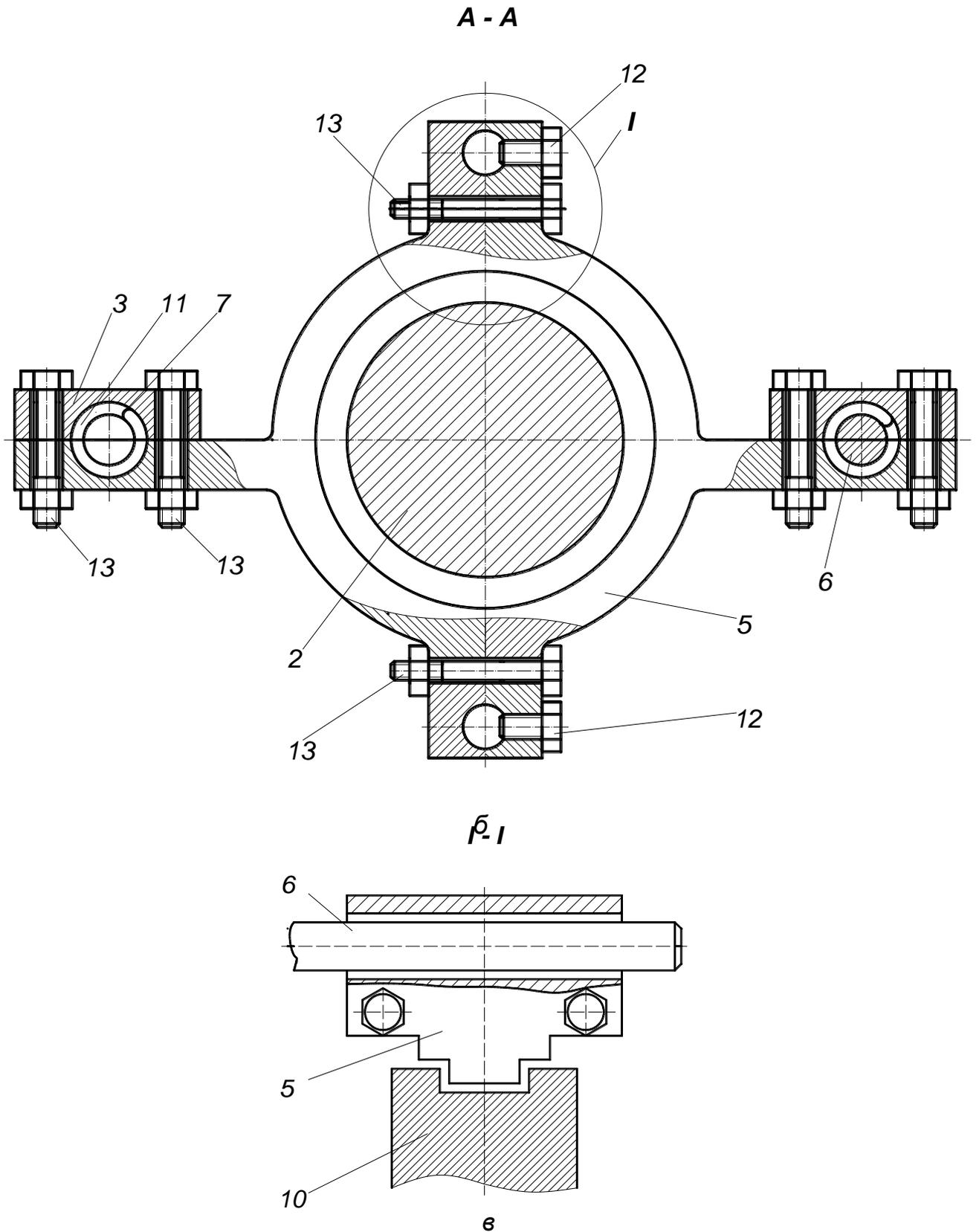


Рис.2.7, а-в – Предохранительное устройство для карданного вала:  
 а – разрез устройства, б – вид А – А, в – вид I – I

1-корпус, 2-ведущий вал, 3,4-сборные зажимы, 5-кольцевая вилка, 6-упорная ось, 7-дополнительная ось, 8-защитный кожух, 9-стержень, 10-шлицевая втулка, 11-пружина, 12,13-болты, 14,15-съемные накладки, 16-шлицевой вал, 17-гайка

Низкие эксплуатационные свойства устройства объясняются:

- значительно большим ходом включения и выключения устройства (не менее 35 мм) и, как следствие, созданием неблагоприятных условий для пружин растяжения;

- сложностью конструкции из-за использования пружин растяжения, что приводит к увеличению габаритов устройства, а размеры последнего ограничены механизмом навески трактора;

Предохранительное устройство (рис.2.8) для карданного вала [39] является усовершенствованием устройства [38]. Отличается тем, что пружины растяжения заменены на одну пружину сжатия, расположенную между корпусом трактора и фланцем устройства, тем самым повышается надежность работы и упрощается конструкция устройства.

Устройство состоит из корпуса 1, в полости которого размещаются ведущий 2 и ведомый 3 валы со шлицами на концах, соединенных между собой шлицевой втулкой 4. На втулке 4 размещен подшипник 5, жестко закрепленный на ней внутренней обоймой с помощью стопорного кольца 6. Наружная обойма зафиксирована крышкой 7 во внутренней проточке фланца 8, который связан резьбовым соединением со съемными упорными осями 9, выведенные через отверстия в корпусе устройства со стороны защитного кожуха 10. Для удобства снятия ось на конце имеет квадратное сечение. На ведущем валу размещена пружина 11, ограниченная фланцем и направляющей втулкой 12.

Корпус устройства вместе с направляющей втулкой крепится к корпусу приводной машины 14 с помощью разъемного соединения 13. Защитный кожух связан с корпусом устройства разъемным соединением 15.

При отсутствии защитного кожуха съемные упорные оси освобождаются, при помощи пружины перемещают фланец со шлицевой втулкой в крайнее

правое положение, и выводит ее из зацепления со шлицами ведущего вала, тем самым передача вращения на ведомый вал прекращается.

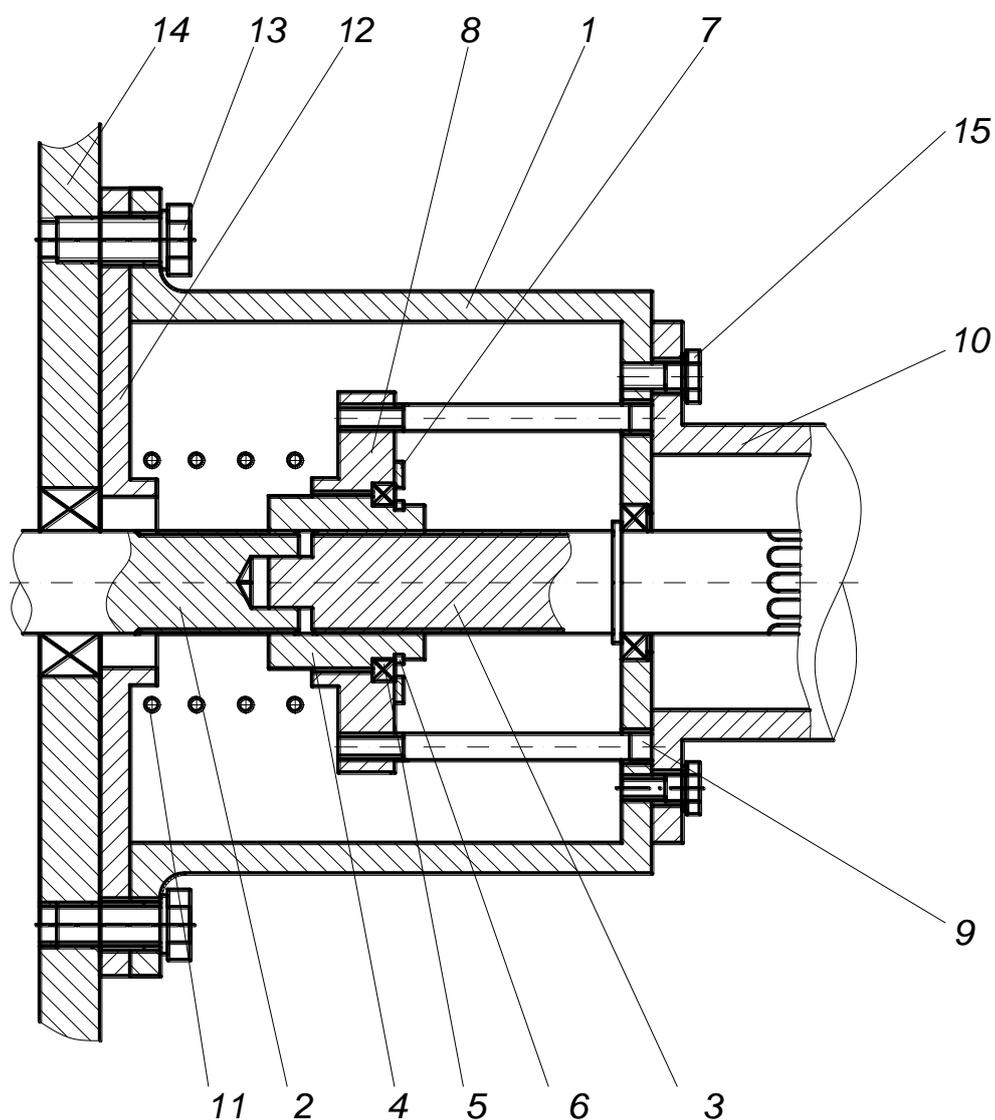


Рис. 2.8 – Предохранительное устройство для карданного вала

1-корпус, 2-ведущий вал, 3-ведомый вал, 4-шлицевая втулка, 5-подшипник, 6-стопорное кольцо, 7-крышка, 8-фланец, 9-упорные оси, 10-защитный кожух, 11-пружина, 12-втулка, 13,15-разъемные соединения, 14-корпус

При установке защитного кожуха съемные упорные оси перемещают фланец со шлицевой втулкой влево и сжимают пружину, вводя в зацепление шлицевую втулку со шлицами наружного вала, тем самым происходит передача вращения ведомому валу.

Недостатками данного устройства являются:

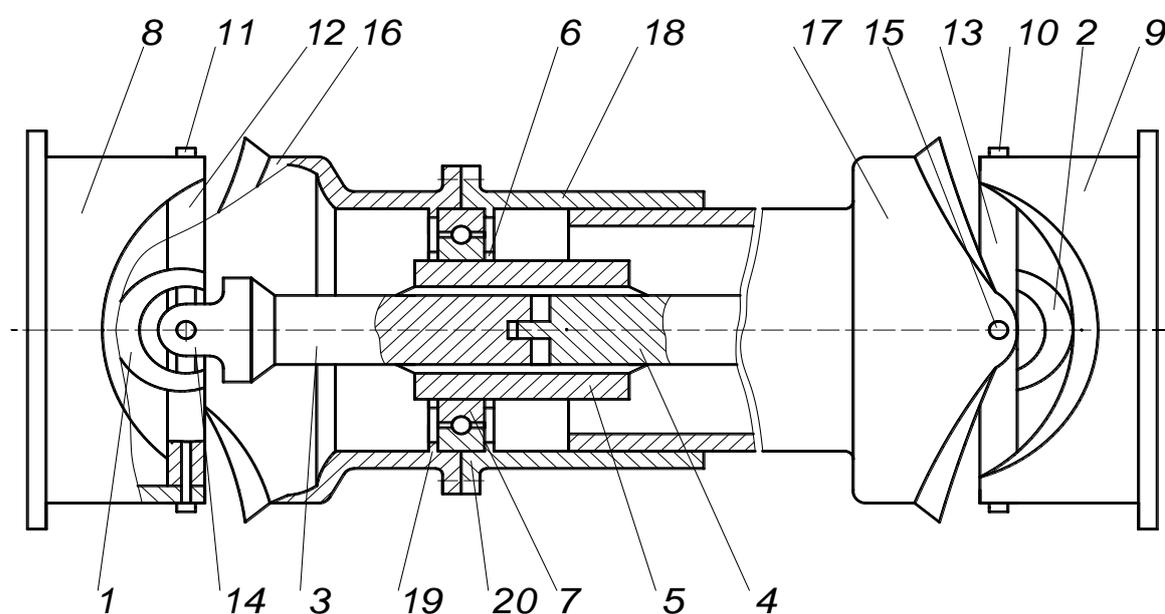
- низкие эксплуатационные свойства из-за возможности повреждения оси, которая выступает за пределы корпуса устройства, если трактор используется с другими с/х машинами, не требующими привода от ВОМ;

- значительно большой ход включения - выключения устройства (не менее 35 мм), что также может привести к увеличению габаритов устройства.

С целью повышения эксплуатационных свойств вышеуказанных устройств разработано (рис.2.9) предохранительное устройство карданного вала [40], в котором защитный кожух выполнен составным из жестко расположенных фланцев и трех трубчатых элементов, два из которых установлены с возможностью поворота относительно фланцев, а третий трубчатый элемент выполнен подвижным в осевом направлении относительно наружной поверхности одного из двух трубчатых элементов, причем на внутренней поверхности конца каждого из двух жестко закрепленных трубчатых элементов выполнены упоры, отключающий механизм снабжен дополнительным валом-вилкой с наружной шлицевой поверхностью на конце, последний соединен с основным валом-вилкой шлицевой втулкой, а фиксирующее средство выполнено в виде подшипника, с внутренней обоймой, жестко закрепленной на шлицевой втулке, а наружная обойма размещена с возможностью контакта с упорами двух жестко соединенных трубчатых элементов.

Предохранительное устройство содержит карданный вал 1 приводной машины и карданный вал 2 исполнительной машины. Коаксиально валам 1 и 2

установлен защитный кожух с возможностью осевого перемещения относительно указанных валов. К карданному валу 1 присоединен вал-вилка 3, а к карданному валу 2 – соответственно вал-вилка 4. Валы-вилки 3 и 4 соединены между собой шлицевой втулкой 5, сопрягаемой своей внутренней шлицевой поверхностью с наружной шлицевой поверхностью концов обоих валов-вилок 3 и 4. На наружной поверхности шлицевой втулки 5 стопорными кольцами 6 жестко зафиксирован от осевого перемещения подшипник 7 своей внутренней обоймой.



Фиг. 1

Рис.2.9 – Предохранительное устройство карданного вала

1,2-карданные валы приводной и исполнительной машин, 3,4-валы-вилки, 5-шлицевая втулка, 6-стопорное кольцо, 7-подшипник, 8,9-фланцы, 10,11-болты, 12,13-соединительные кольца, 14,15-оси, 16,17,18- трубочатые элементы, 19,20-упоры

Защитный кожух выполнен составным из жестко закрепленных к приводной и исполнительной машинам соответственно фланцев 8 и 9. К каждому из этих фланцев соединительными болтами 10 и 11 прикреплены соответственно соединительные кольца 12 и 13, к которым через оси 14 и 15 крепятся трубчатые элементы 16 и 17 с возможностью поворота относительно осей 14 и 15, а следовательно, относительно фланцев 8 и 9. С трубчатым элементом 16 жестко крепится третий трубчатый элемент 18, выполненный подвижным в осевом направлении относительно наружной поверхности трубчатого элемента 17. На внутренней поверхности концов трубчатых элементов 16 и 18 выполнены упоры 19 и 20.

При установке защитного кожуха карданного вала трубчатые элементы 16 и 18 жестко соединяются, подшипник 7 упирается в упоры 19 и 20, положение кожуха фиксируется относительно валов-вилки 3 и 4, соединяемых шлицевой втулкой 5. Валы-вилки 3 и 4 передают крутящий момент от карданного вала 1 к карданному валу 2.

При разъединении трубчатых элементов 16 и 18 и последующем осевом перемещении трубчатого элемента 17 прекращается передача крутящего момента от вала 1 к валу 2, что обеспечивает безопасность сельскохозяйственных работ.

Недостатками данного устройства являются:

- низкая надежность из-за невозможности осуществления необходимой регулировки подшипника, наружная обойма которого находится в контакте с упорами двух трубчатых элементов, что может привести к преждевременному износу подшипника;
- низкие эксплуатационные свойства из-за недостаточной жесткости соединения валов-вилки при отключенном устройстве и отсутствии компенсации

длины карданной передачи при копировании рельефа поверхности почвы исполнительской машиной ;

Противонаматывающее устройство карданного вала [41] состоит из защитного ограждения, которое выполнено из двух частей, одними концами фиксирующими на тракторе и ведомой машине, а другими концами соединяются между собой шлицевой втулкой.

Преимуществом данного устройства является простота конструкции, но есть и недостатки:

- низкая надежность устройства объясняется невозможностью регулировки подшипника, что может привести к преждевременному его износу и выходу устройства из работы;

- низкие эксплуатационные свойства устройства объясняются недостаточной жесткостью соединения валов-вилок.

Анализ конструкций защитных средств от травмирования карданными валами показывает, что необходимо развить направление совершенствования конструкций предохранительных устройств, т.к. они обеспечивают защиту обслуживающего персонала за счет невозможности эксплуатации сельскохозяйственной техники без защитного ограждения. Низкие эксплуатационные свойства и надежность работы не позволяют пока их использовать на с/х технике. Защитные кожухи отечественного производства имеют низкий коэффициент использования против зарубежных аналогов, но они вместе не обеспечивают защиту обслуживающего персонала.

### **2.3 Управление безопасностью операторов картофелеуборочных агрегатов в зонах карданных валов**

Управления безопасностью труда в изучаемой ситуации основан на модели, представленной на рис. 2.10. На приведенной схеме:

$P_o(t)$  – процесс изменения вероятности технологических отказов картофелеуборочных машин в опасных зонах карданных валов;

$P_T(t)$  – процесс изменения параметра безопасности картофелеуборочного агрегата;

$\Delta^1$  – интегральный допуск на параметры процесса  $P_T(t)$ , значения которого находятся в зависимости от степени соблюдения исполнительного допуска  $\Delta_{н'}$  (обратная связь  $1'$ ), характеризующего качество управления безопасностью картофелеуборочных агрегатов при устранении технологических отказов в зонах карданных валов.

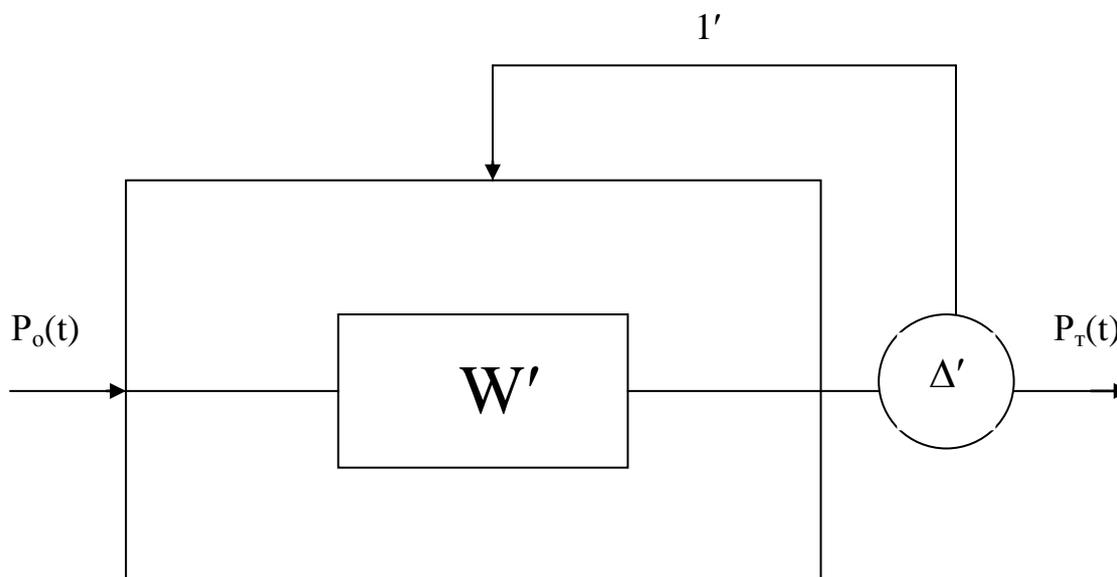


Рис.2.10 – Модель управления безопасностью картофелеуборочного агрегата

Оператор  $W'$  динамической системы представляют собой амплитудно-частотную характеристику пассивной безопасности  $[r_\delta(\omega)]^2$  при устранении технологических отказов в опасных зонах карданных валов изучаемых машин.

Реализация данного уровня управления безопасностью происходит в зависимости от тяжести последствий несчастных случаев. Если имеют место травмы с временной нетрудоспособностью, то есть возможность получения вероятностно-статистических характеристик процессов  $P_o(t)$  и  $P_T(t)$ , по которым можно определить амплитудно-частотные характеристики пассивной безопас-

ности  $[r_6(\omega)]^2$  и параметры, определяющие их форму и модуль. Оптимизация параметров  $[r_6(\omega)]^2$  достигается по критериям  $P_T \rightarrow \min$ ,  $\sigma_{P_T} \rightarrow \min$ .

При инвалидном и летальном исходах получение реализаций процесса  $P_T(t)$  невозможно, в связи с этим необходимо установление математического описания зависимости  $P_T = f(P_0)$ . Приняв предпосылку о том, что динамическая система работает без запаздывания, располагая реализациями процесса  $P_0(t)$  и зависимостью  $P_T = f(P_0)$ , можно рассчитать параметры процесса  $P_T(t)$ , определить допуски на его протекание и оценить эффективность системы управления пассивной безопасностью сельскохозяйственных агрегатов.

Для получения зависимости  $P_T = f(P_0)$  вероятности травмирования карданными валами от величины вероятности технологических отказов необходимо проведение экспериментальных исследований применительно к конкретным условиям сельскохозяйственного агрегата [42]. Эксперимент проводится на карданном вале, защищенном надежным кожухом, исключающим травмирование работающих. До проведения эксперимента вся длина защитного кожуха разбивается и размечается на равные участки (рис.2.11). При устранении технологических отказов исследователь наблюдает за траекторией рабочих перемещений оператора картофелеуборочного агрегата (штриховые линии), регистрируют в журнале полевого опыта количество возможных контактов с карданным валом при условии отсутствия защитного кожуха. Условная проекция на кожух карданного вала точки траектории движения оператора, находящейся на минимальном расстоянии от кожуха, определяет зону, в которой может возникнуть изучаемая нами травмоопасная ситуация.

Построив вариационные ряды и определив частоты  $P_{zi}$  попадания оператора в конкретный разряд длины неогражденной зоны карданного вала, определяется максимальная вероятность травмирования, которая соответствует среднему количеству несчастных случаев от захвата карданными валами. При достаточно большом значении  $P_0$  операторы могут иметь контакт с карданным валом по всей его длине, в связи с этим частота попадания в этой зоне ( $Vn$ ) со-

ответствует всем случаям нахождения операторов в любой из размеченных зон, т.е.  $P_{эп} = P_T = 1$ .

При меньшем значении  $P_0$  частота контактов с карданным валом по всей длине уменьшается, поэтому для каждой конкретной вероятности технологических отказов  $P_{oi}$  соответствует определенная зависимость  $P_T = f(B)$ , приведенная на рис.2.12, а. При необходимости можно построить зависимости  $P_T = f(P_0)$  при различной длине незащищенной зоны карданного вала (рис.2.12, б), которые можно рассматривать как исходные требования к проектированию конструкций и определению параметров систем защитный кожух – карданный вал”.

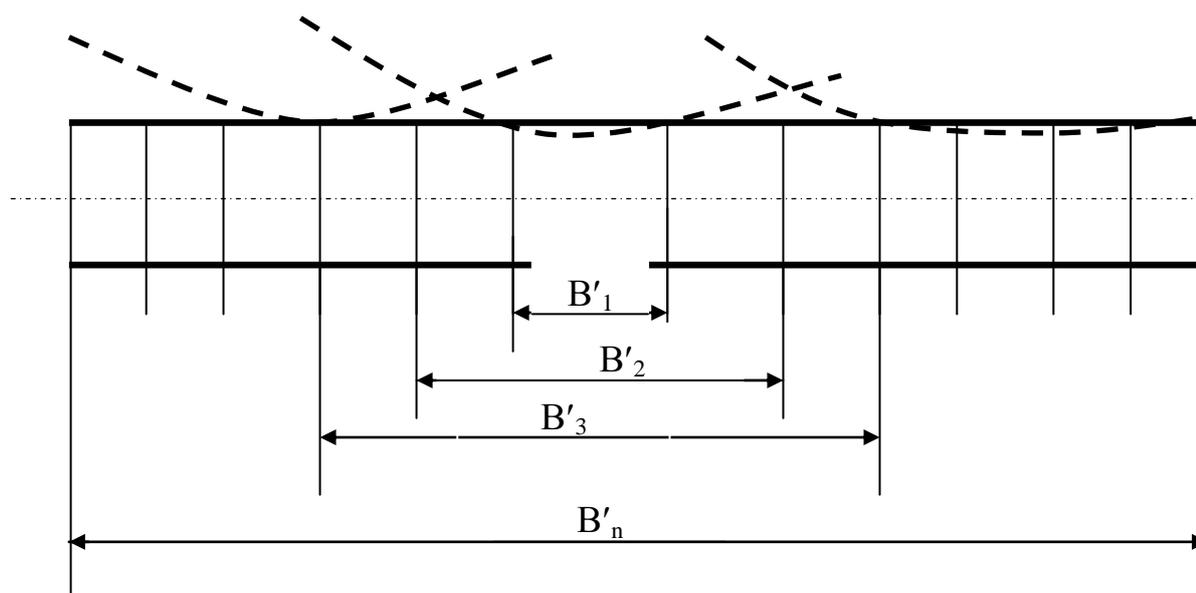


Рис.2.11 – Схема разметки защитного кожуха карданного вала тягово-приводного МТА:  $B'$  - ширина неогражденной зоны карданного вала



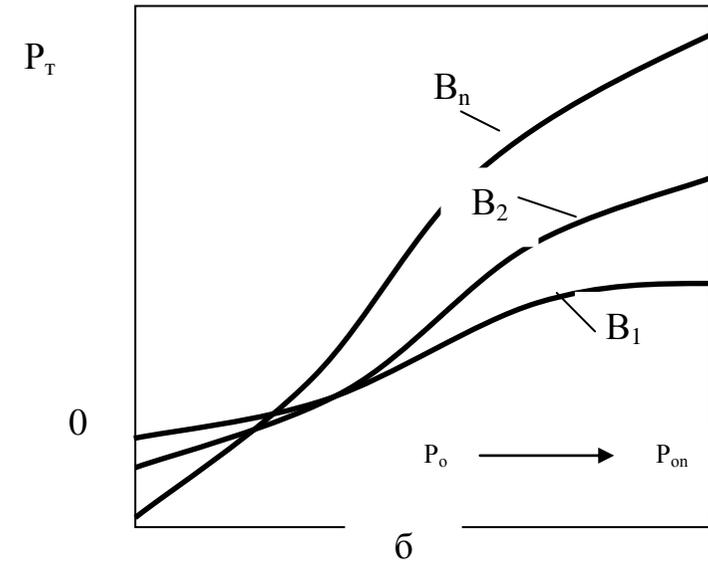
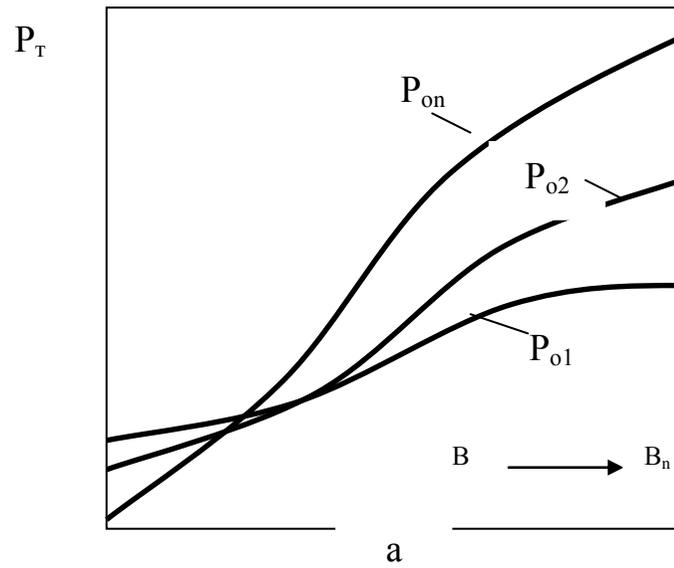


Рис.2.12 – Схема зависимостей  $P_T = f_1(B)$  при различных значениях  $P_o$  (а) и  $P_T = f_2(P_o)$  при различных значениях  $B$  (б)

## 2.4 Создание перспективных средств защиты работающих от карданных валов

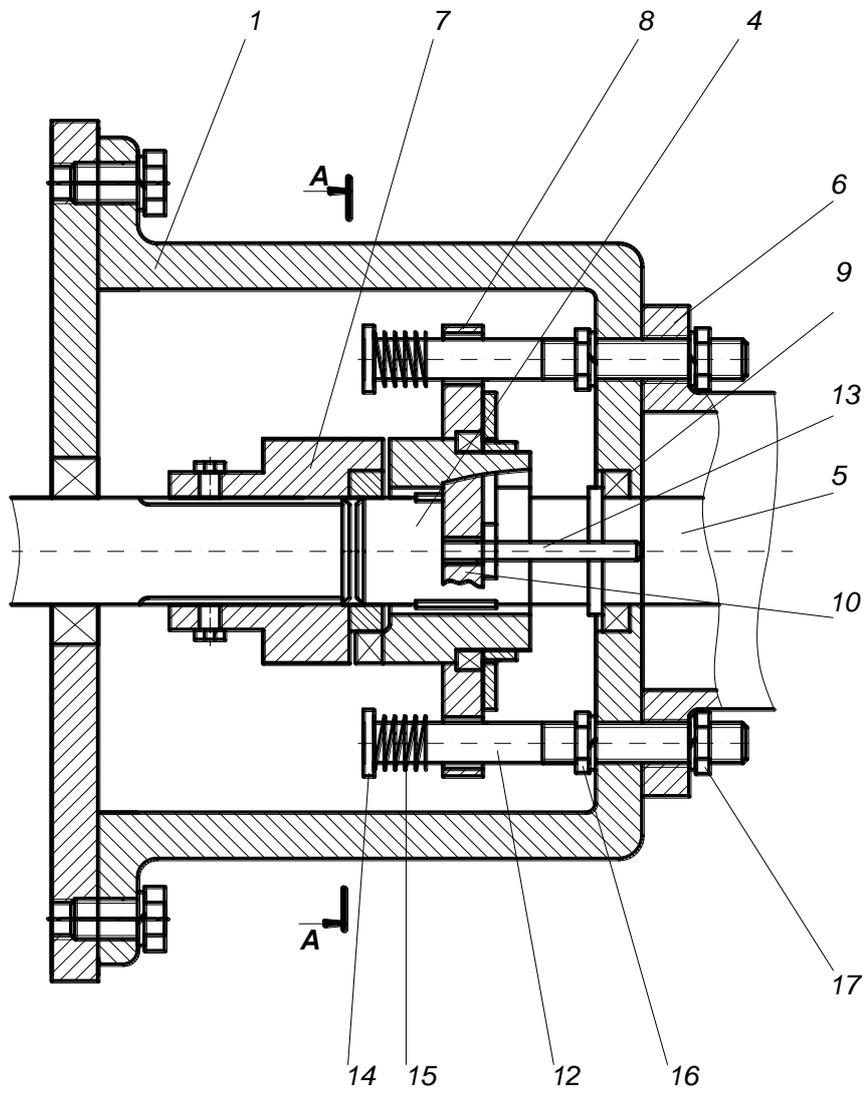
Существующие и применяемые средства защиты работающих от карданных валов на данном этапе не обеспечивают безопасную эксплуатацию картофелеуборочных агрегатов, т.к. позволяют их эксплуатировать без применения защитных ограждений карданных валов.

Цель исследований заключается в обосновании параметров конструкции устройства, обеспечивающих максимальную эффективность защиты работающих Э<sub>з</sub> в зонах карданных валов, которая может быть обеспечена за счет практически полного исключения неогражденной зоны карданного вала.

В связи с этим нами были проведены анализ существующих и разработка перспективных конструкций предохранительных устройств с улучшенными свойствами защиты.

Предохранительное устройство для карданного вала [43...45] состоит из корпуса 1 (рис.2.13, а,б), соединенный с корпусом 2 приводной машины. В полости корпуса 1 размещены ведущий вал 3 со шлицами на конце, а также ведомый вал 4, соединенный с карданным валом 5 шлицевым соединением. На карданном валу установлен защитный кожух 6, присоединенный к корпусу 1 своим фланцем. Передача момента от ведущего вала к ведомому осуществляется кулачковой муфтой, одна полумуфта 7 которой неподвижно закреплена на ведущем валу, а другая полумуфта 8 установлена на ведомом валу 4 с возможностью осевого перемещения. На полумуфте 8 посредством подшипника 9 качения закреплена кольцевой элемент 10, имеющий отверстия 11, через которое проходят стержни 12. На кольцевом элементе 10 с помощью резьбы закреплены опорные оси 13, взаимодействующие с фланцем кожуха 6.

Стержни 12 выполнены с упорами 14 на одном конце и резьбой на другом. На стержнях 12 установлены пружины 15 сжатия, размещенные между упорами и кольцевым элементом. Один конец каждой пружины зафиксирован относительно стержня, а другой – относительно кольцевого элемента.



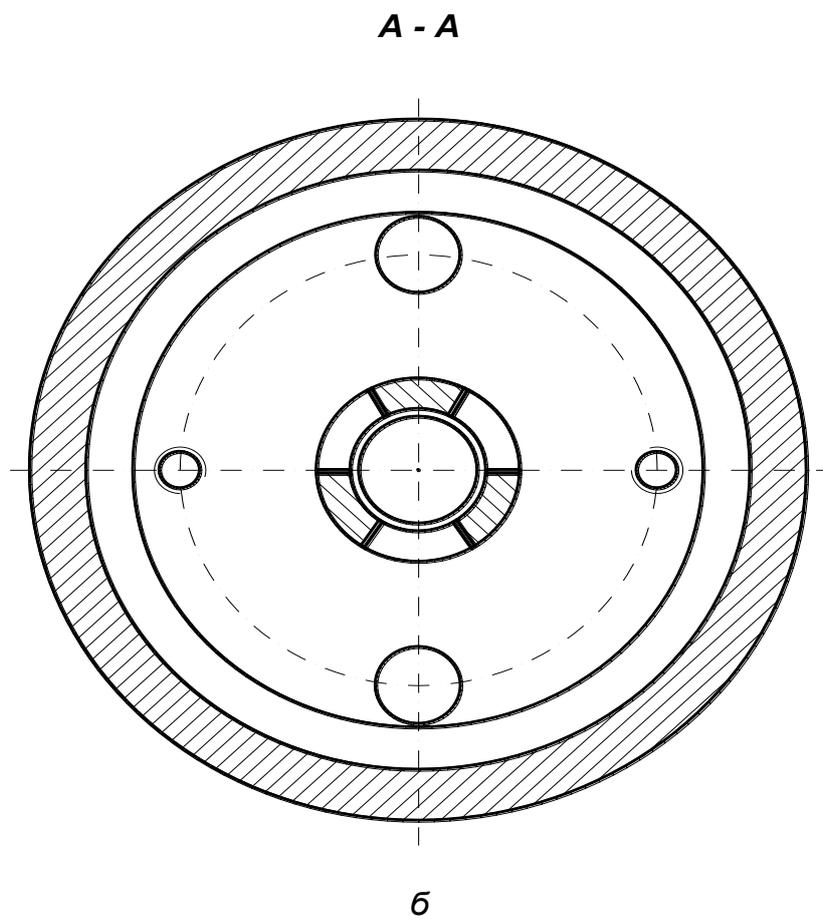


Рис.2.13: а, б – Предохранительное устройство для карданного вала:  
 а – разрез устройства; б – разрез А-А  
 1-корпус, 2-корпус приводной машины, 3,4-ведущий и ведомые валы,  
 5-карданный вал, 6-защитный кожух, 7,8-полумуфты, 9-подшипник,  
 10-кольцевой элемент, 11-отверстия, 12-стержни, 13-опорные оси, 14-упоры,  
 15-пружины

На резьбовых участках стержня размещены гайки 16 и 17. Гайки 16 фиксируют стержни относительно корпуса, а гайки 17 обеспечивают надежное прижатие фланца к корпусу.

Устройство работает следующим образом.

При установке на карданный вал защитного кожуха 6 он упирается в опорные оси 13, в результате чего происходит перемещение кольцевого элемента 10, а в месте с ним и полумуфты 8, которая своими кулачками входит в зацепление с кулачками неподвижно закрепленной полумуфты 7, при этом пружины 15 сжимаются. Затягиванием гаек 17 обеспечивается жесткое крепление защитного кожуха 6 к корпусу 1 устройства.

При снятии защитного кожуха 6 отворачиванием гаек 17 оси 13 освобождаются, пружины 15, растягиваясь, перемещают кольцевой элемент 10 вправо, выводя из зацепления полумуфту 8. Передача вращения на ведомый вал, а следовательно и карданный прекращается.

Применение предлагаемого устройства дает возможность:

- повысить эксплуатационные свойства путем применения выключаемой муфты механического зацепления в виде кулачковой муфты, т.к. при подсоединении кожуха к корпусу устройства кулачки второй полумуфты быстро войдут в зацепление с кулачками первой полумуфты и не будет необходимости проворачивать ведомый вал; значительно уменьшить величину хода включения и выключения устройства, которая определяется конструктивными размерами кулачковой муфты (высота кулачков 12-14 мм) [60], что позволит уменьшить габариты устройства, размеры которого ограничены конструкцией механизма навески трактора.

- упростить конструкцию устройства за счет замены пружины растяжения на пружины сжатия, т.к. их установка не требует дополнительных деталей крепления и исключает применение кольцевой вилки.

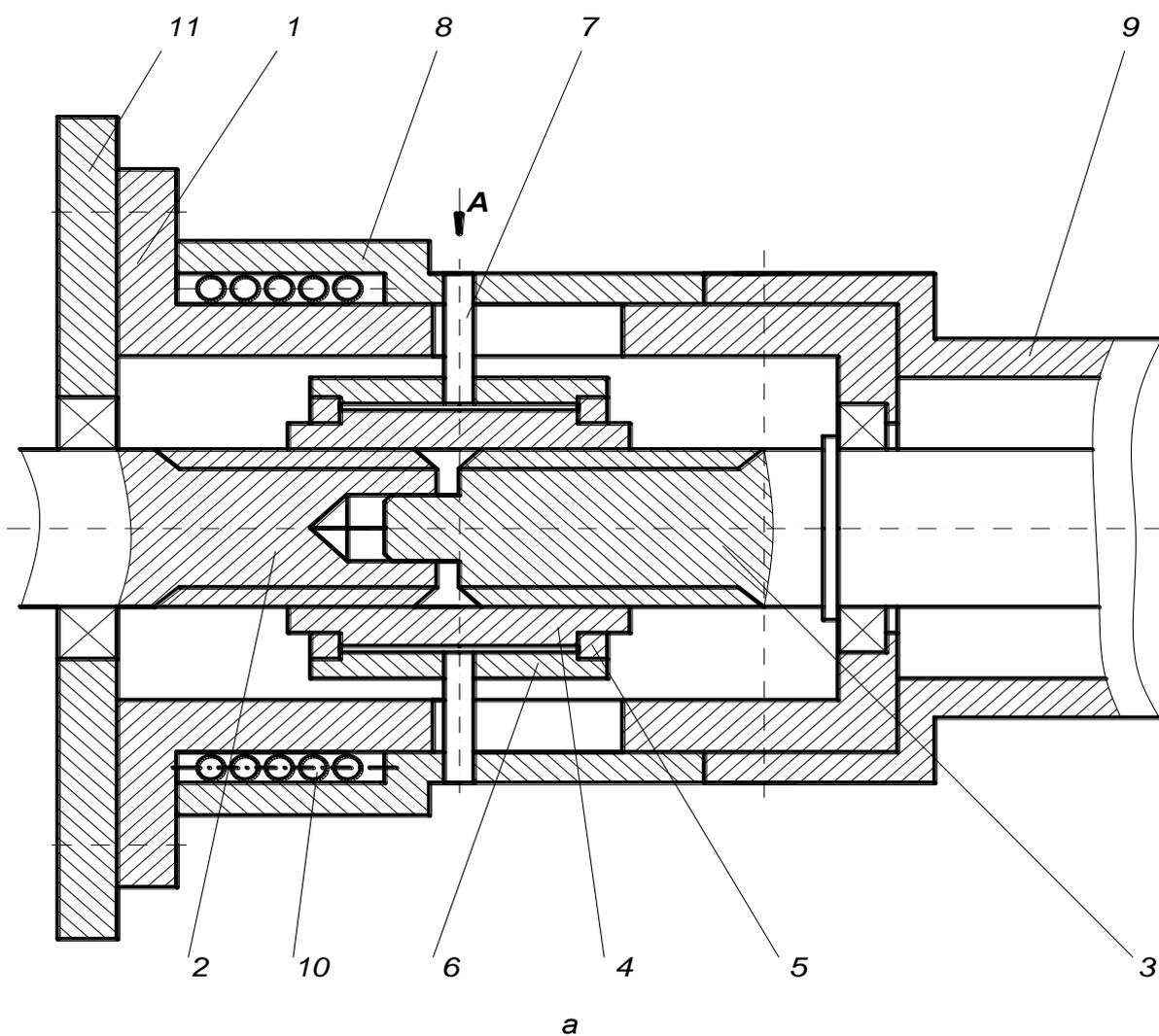


Рис.2.14, а-б – Предохранительное устройство для карданного вала:  
 а – разрез устройства; б – вид А  
 1-корпус, 2, ведущий и ведомый валы, 4-втулка, 5-подшипник, 6-цилиндр,  
 7-штифт, 8-стакан, 9-защитный кожух, 10-пружина

Предохранительное устройство для карданного вала [46,47] состоит из корпуса 1 (рис.2.14,а-б), в полости которого размещается ведущий вал 2 и ведомый вал 3 со шлицами на концах, связанные между собой втулкой 4, связанной в свою очередь посредством подшипников 5 с возможностью фиксации от относительного перемещения с цилиндром 6. Цилиндр связан через продольные пазы в корпусе посредством штифтов 7, со стаканом 8, расположенным на поверхности корпуса с возможностью осевого перемещения. Стакан 8 поджат к торцу защитного кожуха 9 пружиной 10, расположенной между фланцем корпуса и внутренней проточкой стакана.

Корпус связан разъемным соединением с защитным кожухом и корпусом приводной машины 11.

Работает устройство следующим образом.

При отсутствии защитного кожуха стакан освобождается и при помощи пружины перемещается вдоль продольных пазов корпуса 1 вместе со штифтами 7 и цилиндром в крайнее правое положение, выводя из зацепления втулку со шлицами ведущего вала, тем самым, передача вращения на ведомый вал прекращается.

При установке защитного кожуха он своим торцом воздействует на торец стакана со штифтами и цилиндром, которые перемещают влево втулку 4 сжимая пружину, вводя в зацепление втулку со шлицами ведущего вала 2, тем самым происходит передача вращения ведомому валу.

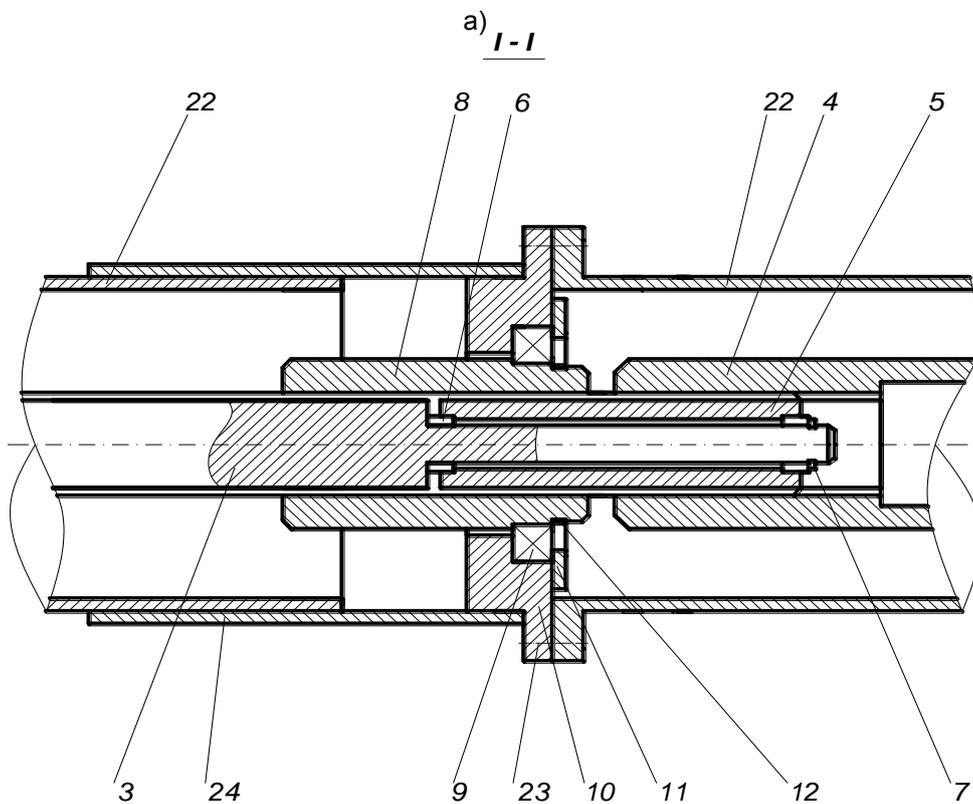
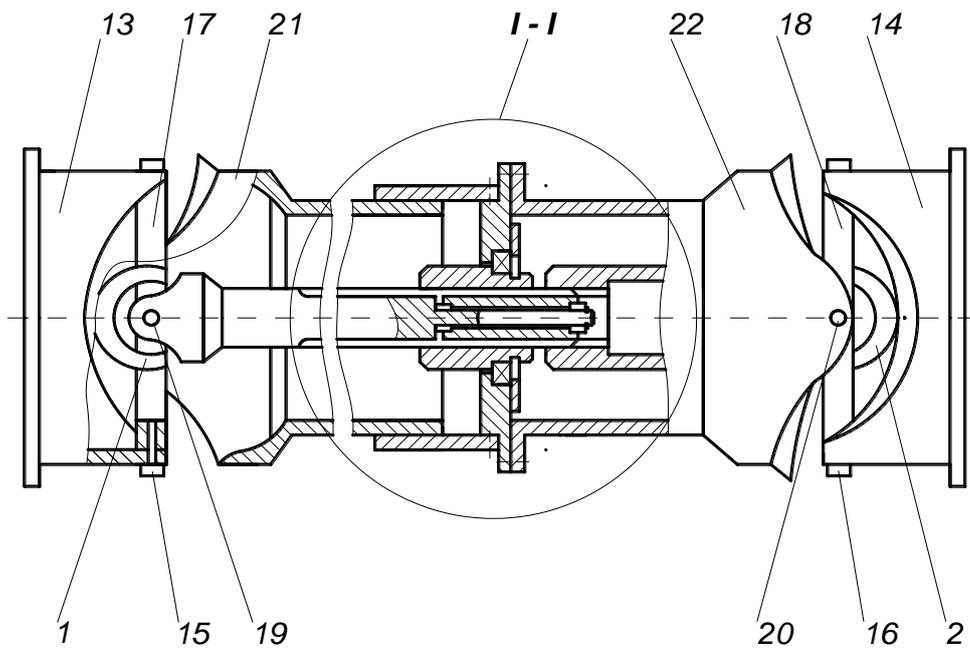
Применение предлагаемого устройства дает возможность: - повысить надежность работы устройства путем применения в устройстве втулки, связанной посредством подшипников с возможностью фиксации от относительного перемещения с цилиндром, тем самым, при вращении втулки относительно цилиндра не будет создаваться трения, что, как следствие, снизит травматизм; цилиндра, жестко связанного через продольные пазы в корпусе посредством штифтового соединения со стаканом, расположенным с возможностью осевого перемещения на поверхности корпуса устройства, что исключает применение

стержней и упорных осей, которые могут быть повреждены в процессе эксплуатации трактора с другими сельхозмашинами.

- повысить эксплуатационные свойства устройства путем уменьшения габаритов устройства за счет исключения стержней и пружин растяжения и применения стакана, прижатого к торцу защитного кожуха пружиной, расположенной между фланцем корпуса и внутренней проточкой стакана.

Предохранительное устройство карданного вала [48,49] состоит из карданного вала 1 приводной машины (рис.2.15,а-б) и карданного вала 2 исполнительной машины, коаксиально которым установлен защитный кожух с возможностью осевого перемещения относительно указанных валов. К карданным валам 1 и 2 присоединены соответственно вал-вилка 3 и дополнительный вал-вилка 4, связанные между собой посредством втулки включения 5, которая установлена в подшипниках скольжения 6, жестко закрепленных стопорным кольцом 7 на цилиндрической поверхности ступени меньшего диаметра вала-вилки 3. Втулка включения сопрягается своей внутренней шлицевой поверхностью с наружной шлицевой поверхностью дополнительного вала-вилки и связана со шлицевой поверхностью ступени большего диаметра вала-вилки 4 посредством шлицевой втулки 8, на наружной поверхности которой размещено фиксирующее средство в виде подшипника 9 и фланца 10, во внутренней проточке которого размещена наружная обойма подшипника, зафиксированная крышкой 11, а внутренняя обойма жестко закреплена стопорным кольцом 12 на наружной поверхности шлицевой втулки 8

Защитный кожух выполнен составным из жестко закрепленных к приводной и исполнительной машинам соответственно фланцев 13 и 14. К каждому из этих фланцев соединительными болтами 15 и 16 присоединены соответственно соединительные кольца 17 и 18, к которым через оси 19 и 20 крепятся трубчатые элементы 21 и 22 с возможностью поворота относительно осей 19 и 20, а следовательно, относительно фланцев 13 и 14.



б)

Рис.2.15: а, б – Предохранительное устройство карданного вала:  
а – общий вид; б – вид 1-1 (механизм включения-выключения)

1,2-карданные валы приводной и исполнительной машин, 3-вал-вилка, 4-дополнительный вал-вилка, 5-втулка включения, 6,9-подшипники, 7-стопорное кольцо, 8-шлицевая втулка, 10,13,14-фланцы, 11-крышка, 12-стопорное кольцо, 15,16,23-соединительные болты, 17,18-соединительные кольца, 19,20-оси, 21,22,24-трубчатые элементы

Фланец включения 10, связанный посредством болтового соединения 23 с трубчатым элементом 22, жестко соединен с трубчатым элементом 24, который в свою очередь имеет возможность осевого перемещения относительно трубчатого элемента 21.

Работает устройство следующим образом. При установке защитного кожуха карданного вала фланец включения 10 с трубчатым элементом 24 перемещается вправо относительно трубчатого элемента 21 и жестко соединяется с трубчатым элементом 22, фиксируя положение кожуха относительно вала-вилки 3, дополнительного вала-вилки 4 и втулки включения 5, соединяемых шлицевой втулкой 8. Вал-вилка, втулка включения и дополнительный вал-вилка передают крутящий момент от карданного вала приводной машины карданному валу исполнительной машины.

При разъединении фланца включения 10 с трубчатым элементом 22 и последующем осевом перемещении фланца включения с трубчатым элементом 24 вдоль наружной поверхности трубчатого элемента 21 прекращается передача крутящего момента от карданного вала приводной машины карданному валу исполнительной машины.

Основным преимуществом предлагаемого устройства перед прототипом является устранение перекаса подшипникового узла.

Применение предлагаемого устройства дает возможность:

- повысить надежность устройства за счет того, что вал-вилка выполнен ступенчатым, причем на цилиндрической поверхности ступени меньшего диаметра в подшипниках скольжения, зафиксированных стопорным кольцом, установлена втулка включения, наружная шлицевая поверхность которой связана с валом-вилкой посредством шлицевой втулки, фиксирующее средство выполнено в виде фланца, жестко связанного со вторым и третьим трубчатыми элементами и имеющего во внутренней проточке подшипник, наружная обойма которого закреплена крышкой, а внутренняя обойма жестко закреплена стопорным кольцом на наружной поверхности шлицевой втулки, тем самым достигается достаточная жесткость валов-вилки и предупреждается износ подшипника.

- повысить эксплуатационные свойства путем применения дополнительного вала-вилки, связанного с втулкой включения посредством подвижного в осевом направлении шлицевого соединения, что обеспечивает компенсацию длины карданной передачи при копировании рельефа поверхности почвы исполнительской машиной.

Предохранительное устройство (рис.2.16,а-б) [50] отличается от устройства [48,49] тем, что вдоль наружной поверхности трубчатого элемента 22 имеет возможность осевого перемещения трубчатый элемент 24, который связан жестко со стаканом 10, который в свою очередь связан разъемным соединением 25 с трубчатым элементом 23. Между торцами второго трубчатого элемента 22 и стакана фиксирующего элемента 10 расположена пружина 13 с целью создания дополнительного сопротивления.

Применение предлагаемого устройства дает возможность повысить его эксплуатационные свойства за счет того, что:

- фиксирующее средство выполнено в виде стакана, с возможностью его осевого перемещения вдоль внутренней поверхности второго трубчатого элемента, тем самым достигается возможность визуального обзора при соединении дополнительного вала-вилки с втулкой включения для передачи крутящего момента от вала отбора мощности к рабочим органам исполнительской машины;

- применяется пружина сжатия, расположенная между торцами первого трубчатого элемента и стаканом фиксирующего элемента, тем самым будет создаваться дополнительное сопротивление при попытке оператора сдвинуть третий трубчатый элемент защитного кожуха при включенном вале отбора мощности.

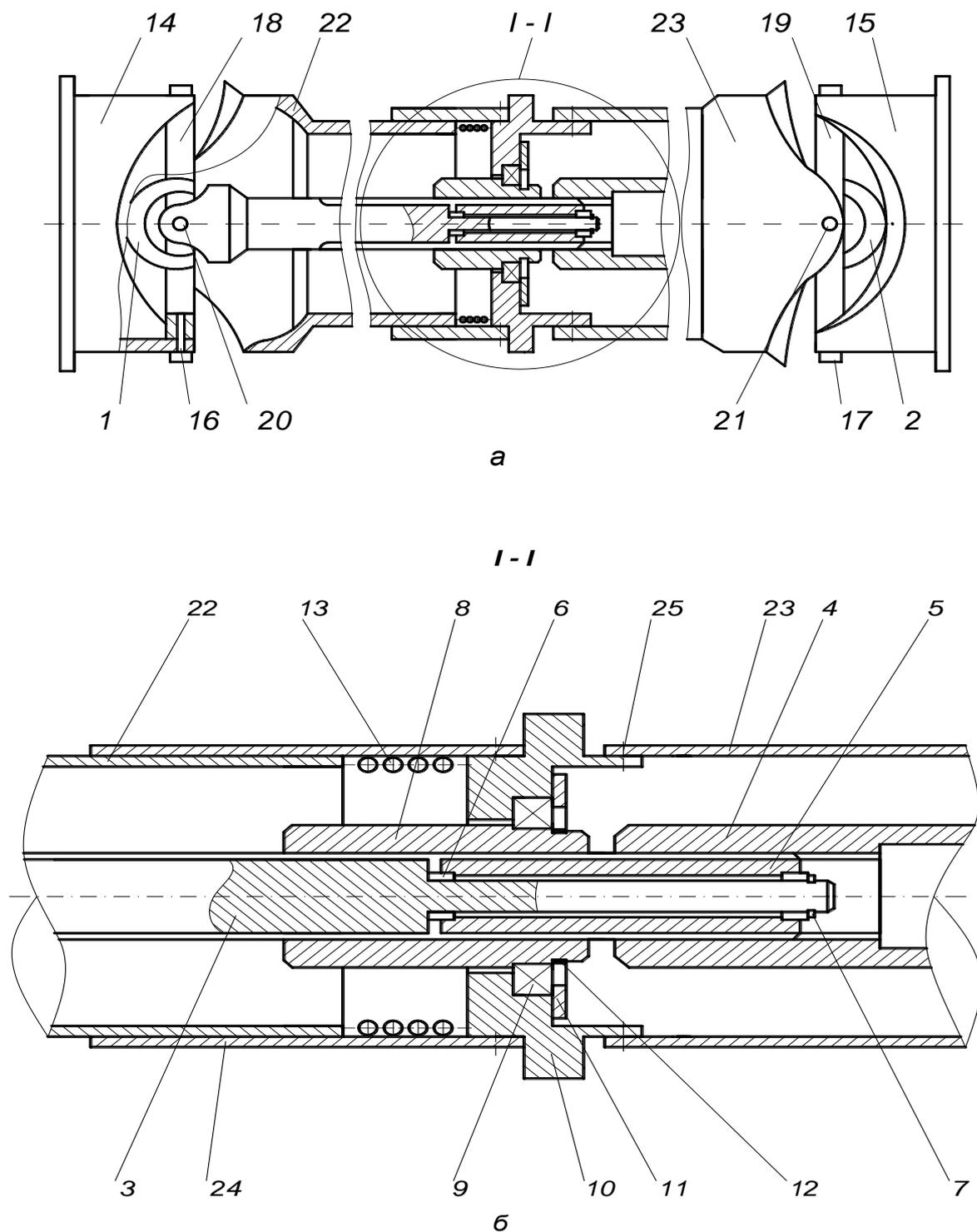


Рис.2.16 - Предохранительное устройство карданного вала:

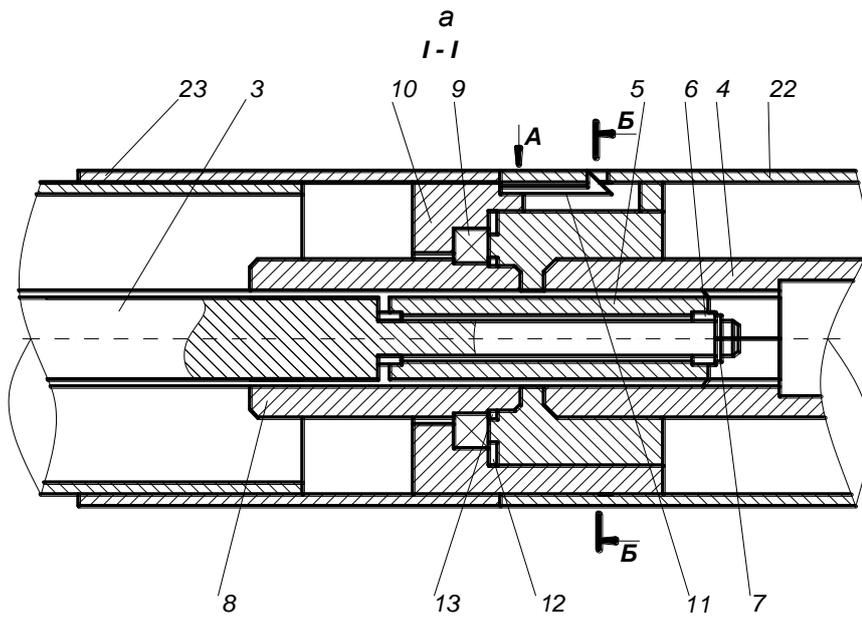
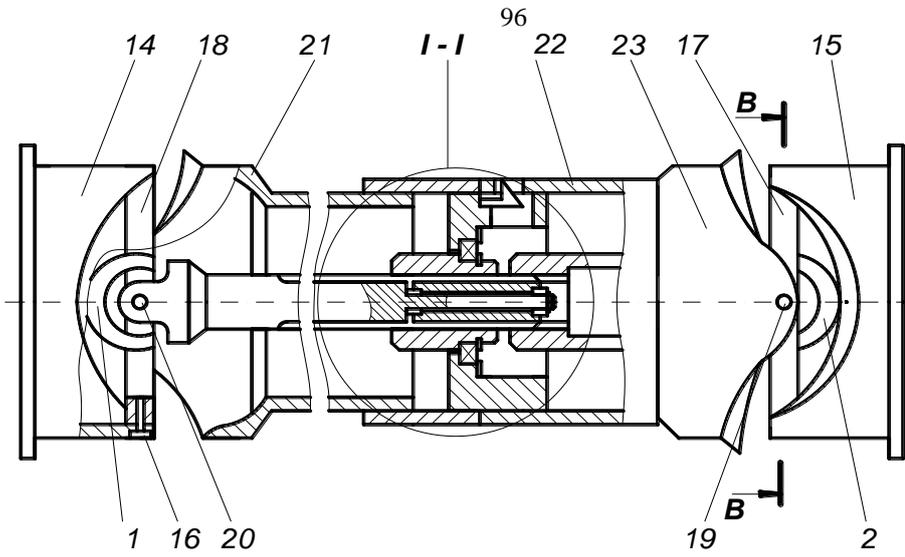
а – общий вид; б – вид 1-1 (механизм включения-выключения)

1,2-карданные валы приводной и исполнительной машин, 3-вал-вилка, 4-дополнительный вал-вилка, 5-штулка включения, 6,9-подшипники, 7-стопорное кольцо, 8-штицевая втулка, 10,14,15-фланцы, 11-крышка, 12-стопорное кольцо, 13-пружина, 16,17-соединительные болты, 18,19-соединительные кольца, 20,21-оси, 22,23,24-трубчатые элементы

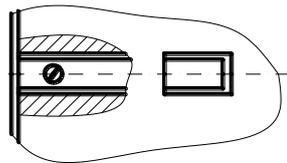
Предохранительное устройство [51...54] состоит из карданного вала приводной машины 1 (рис. 2.17,а-в) и карданного вала исполнительной машины 2, коаксиально которым установлен защитный кожух с возможностью осевого перемещения относительно указанных валов. К карданным валам 1 и 2 присоединены соответственно вал-вилка 3 и дополнительный вал вилка 4, связанные между собой посредством втулки включения 5, которая установлена в подшипниках скольжения 6, жестко закрепленных стопорным кольцом 7 на цилиндрической поверхности ступени меньшего диаметра вала вилки 3. Втулка включения 5 сопрягается своей наружной шлицевой поверхностью с внутренней поверхностью дополнительного вала-вилки 4 и связана со шлицевой поверхностью ступени большего диаметра вала вилки 3 посредством шлицевой втулки 8, на наружной поверхности которой размещено фиксирующее средство в виде подшипника 9 и стакана 10, с жестко связанными пружинистыми защелками 11, во внутренней проточке которого размещена наружная обойма подшипника 9, зафиксированная крышкой 12, а внутренняя обойма закреплена стопорным кольцом 13 на наружной поверхности шлицевой втулки 8.

Защитный кожух выполнен составным из жестко закрепленных к приводной и исполнительной машинам соответственно фланцев 14 и 15. К каждому из этих фланцев соединительными болтами 16 присоединены соответственно соединительные кольца 17 и 18, к которым через оси 19 и 20 крепятся трубчатые элементы 21 и 22 с возможностью поворота относительно осей 19 и 20, а следовательно, относительно фланцев 14 и 15.

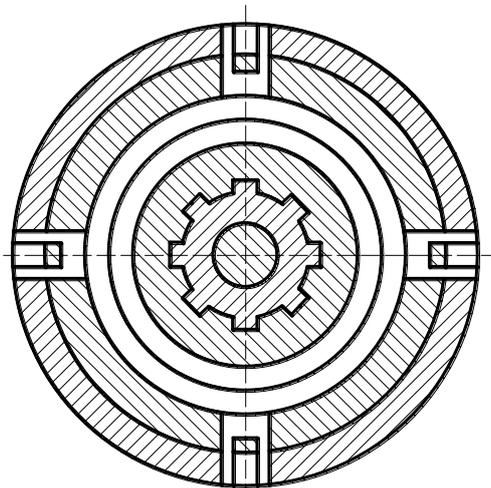
Трубчатый элемент 23 с возможностью осевого перемещения жестко связан со стаканом 10, который в свою очередь, жестко связан с трубчатым элементом 22 посредством пружинистых защелок 11 с возможностью осевого перемещения вдоль первого трубчатого элемента. Трубчатый элемент 21 имеет возможность осевого перемещения вдоль внутренней поверхности трубчатого элемента 23 в случае компенсации длины карданной передачи при копировании рельефа местности исполнительной машиной.



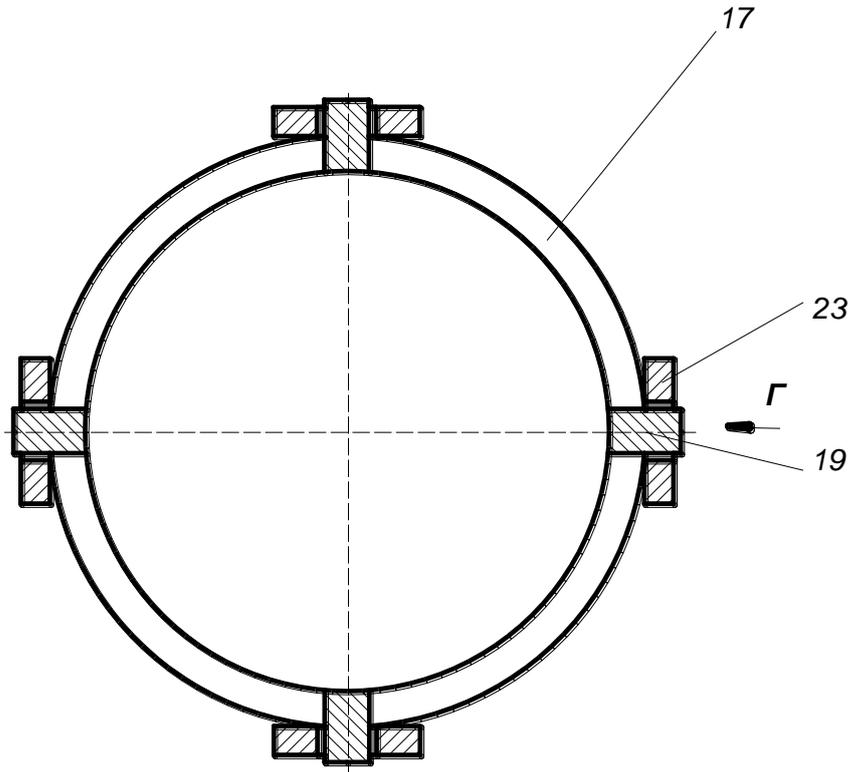
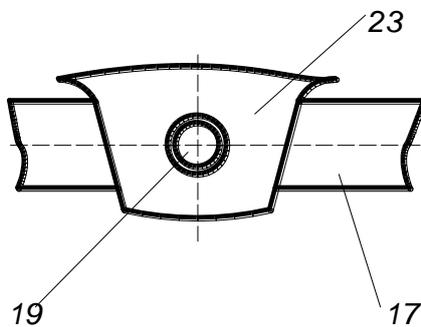
Вид А



Б - Б



б

**В - В****Вид Г**

в

Рис.2.17: а, б – Предохранительное устройство карданного вала:  
 а – общий вид, б - разрез I - I и вид А, в – разрез Б-Б  
 1,2-карданные валы приводной и исполнительной машин, 3-вал-вилка,  
 4-дополнительный вал-вилка, 5-штулка включения, 6,9-подшипники,  
 7-стопорное кольцо, 8-штицевая втулка, 10-стакан, 11-пружинистые защелки,  
 12-крышка, 13-стопорное кольцо, 14,15-фланцы, 16,17-соединительные болты,  
 18,19-соединительные кольца, 20,21-оси, 22,23,24-трубчатые элементы

Работает устройство следующим образом:

При установке защитного кожуха карданного вала стакан 10 с трубчатым элементом 23 перемещается вправо относительно трубчатого элемента 21 и жестко соединяется с трубчатым элементом 22 посредством пружинистых защелок 11, фиксируя положение кожуха относительно вала-вилки 3, дополнительного вала-вилки 4 и передают крутящий момент от карданного вала приводной машины 1 к карданному валу исполнительной машины 2.

При разъединении стакана 10 с трубчатым элементом 22 и последующим осевом перемещении стакана 10 с трубчатым элементом 23 вдоль наружной поверхности трубчатого элемента 21 прекращается передача крутящего момента от карданного вала приводной машины 1 к карданному валу исполнительной машины 2.

Использование предлагаемого устройства дает возможность повысить безопасность обслуживающего персонала за счет того, что:

- фиксация второго трубчатого элемента с третьим трубчатым элементом осуществляется посредством пружинистых защелок, тем самым обеспечивается быстрое их соединении и снижается трудоемкость работ при включении устройства;

- исключены выступы на фланце и втором трубчатом элементе, которые могут быть причиной захвата работающих при выходе из строя устройства.

Предохранительное устройство карданного вала (рис.2.18,а-в) [55...57] также отличается от предыдущего устройства тем, что к приводной и исполнительной машинам жестко закреплены соответственно фланцы 14 и 15. К каждому из этих фланцев при помощи осей 16 и 17 жестко присоединены соответственно соединительные кольца 18 и 19, к которым через оси 20 и 21 жестко крепятся трубчатые элементы 22 и 23 с возможностью поворота в горизонтальной плоскости относительно осей 16, 17 и в вертикальной плоскости относительно осей 20,21, а следовательно, относительно фланцев 14 и 15. Фланец 14 жестко связан посредством кронштейна 24 с магнитом 25, который в свою очередь взаимодействует с герконовым выключателем 26, установленным на

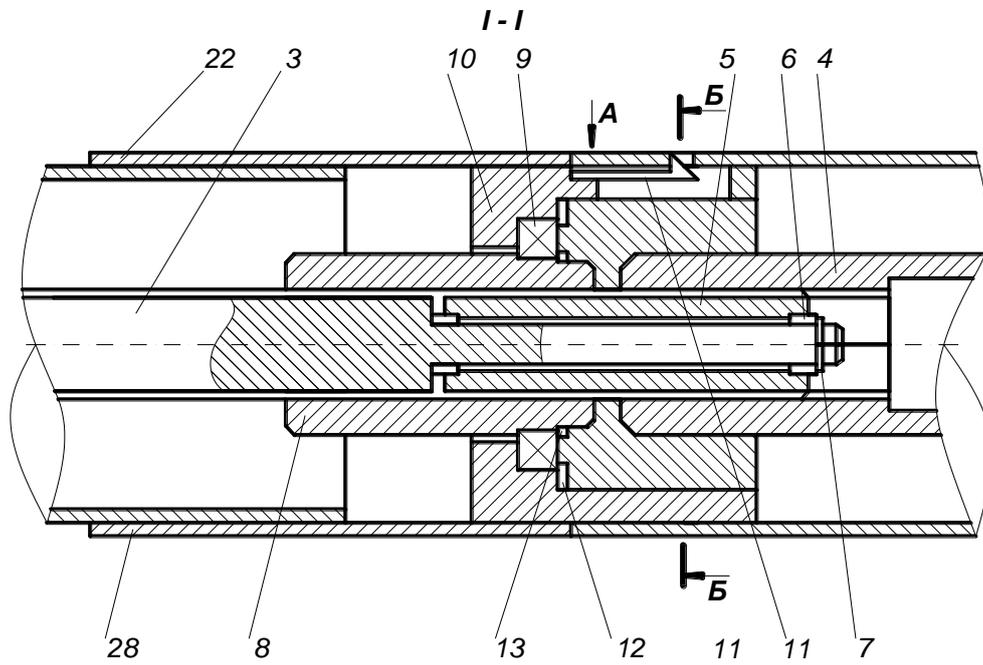
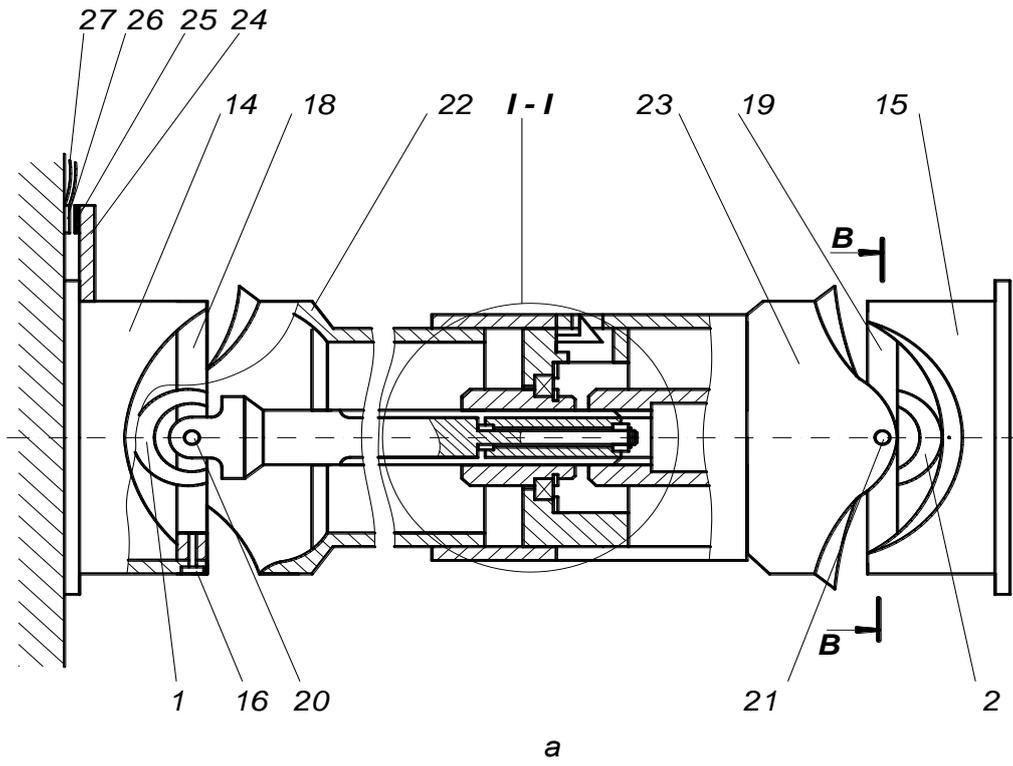
заднем мосту трактора, соединенным с электрической системой запуска двигателя при помощи проводов 27. Трубчатый элемент 28 жестко связан со стаканом 10, который в свою очередь жестко связан с пазами второго трубчатого элемента 23 посредством пружинных защелок 11 с возможностью осевого перемещения вдоль первого трубчатого элемента 22. Первый трубчатый элемент 22 имеет возможность осевого перемещения вдоль внутренней поверхности третьего трубчатого элемента 28 в случае компенсации длины карданной передачи при копировании рельефа местности исполнительной машиной.

Работает устройство следующим образом:

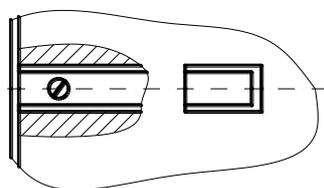
При установке защитного кожуха карданного вала стакан 10 с трубчатым элементом 28 перемещается вправо относительно первого трубчатого элемента 22 и жестко соединяется со вторым трубчатым элементом 23 посредством пружинных защелок 11, фиксируя положение кожуха относительно вала-вилки 3, вала-вилки 4 и передают крутящий момент от карданного вала 1 приводной машины к карданному валу 2 исполнительной машины.

При разъединении стакана 10 с трубчатым элементом 23 и последующим осевом перемещении стакана 10 с трубчатым элементом 28 вдоль наружной поверхности трубчатого элемента 22 прекращается передача крутящего момента от карданного вала 1 приводной машины к карданному валу 2 исполнительной машины. В этом случае не будет возможности эксплуатировать сельскохозяйственный агрегат, т.к. есть опасность захвата и травмирования работающих.

Соединительные кольца 18 и 19 связаны с фланцами 14 трактора и 15 исполнительной машины при помощи соответственно осей 20, 21 и 16, 17 для горизонтального перемещения первого 22 и второго 23 трубчатых элементов относительно фланца 14 трактора и 15 исполнительной машины, что не даст возможности поломки защитного кожуха и карданного вала в случае поворотов агрегата.



**Вид А**



**б**

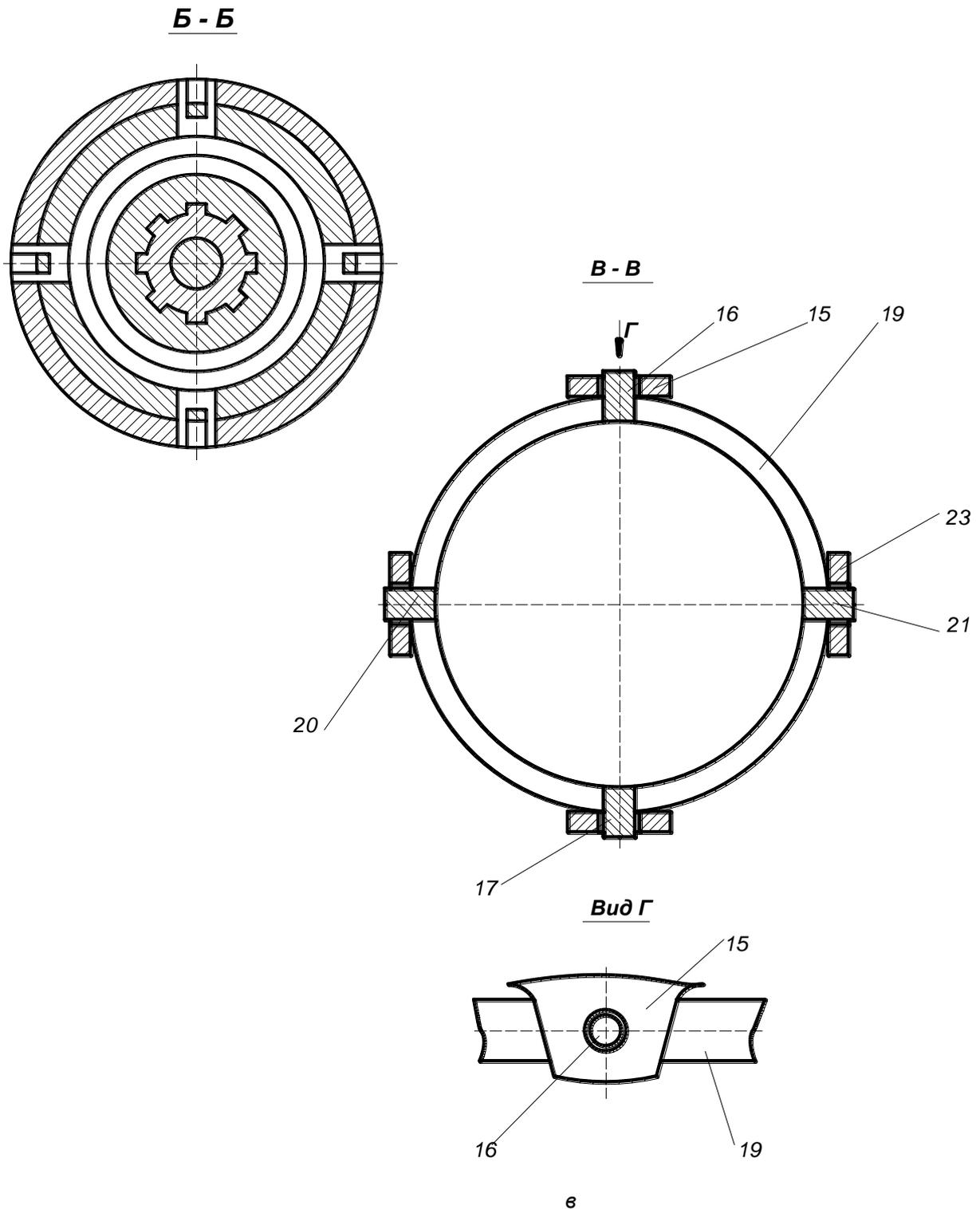


Рис.2.18: а, б – Предохранительное устройство карданного вала:  
 а – общий вид, б - виды 1-1 (механизм включения-выключения), А, в – разрезы  
 Б-Б, В-В и вид Г

1,2-карданные валы приводной и исполнительной машин, 3-вал-вилка,  
 4-дополнительный вал-вилка, 5-штулка включения, 6,9-подшипники,  
 7-стопорное кольцо, 8-штицевая штулка, 10-стакан, 11-пружинистые защелки,  
 12-крышка, 13-стопорное кольцо, 14,15-фланцы, 16,17,20,21-оси,  
 18,19-соединительные кольца, 22,23,28-трубчатые элементы, 24-кронштейн,  
 25-магнит, 26-геркон, 27-провода

Для исключения эксплуатации агрегата в случае неогражденной зоны карданного вала при отсутствии первого трубчатого элемента 22 и фланца 14, последний жестко связан посредством кронштейна 24 с магнитом 25, который в свою очередь взаимодействует с герконовым выключателем 26, соединенным с электрической системой запуска двигателя при помощи проводов 27, что также снизит травмирование обслуживающего персонала.

Применение предлагаемой конструкции позволяет повысить эксплуатационные свойства устройства за счет того, что:

- фиксирующее устройство выполнено в виде стакана с жестко закрепленными на его наружной проточке пружинными защелками с возможностью жесткого соединения с пазами второго трубчатого элемента, что снижает трудоемкость обслуживания, исключает появление незащищенной зоны карданного вала, тем самым, снижает вероятность травмирования;

- второй и третий трубчатые элементы выполнены в виде цилиндров, т.к. в случае поломок и неисправностей устройства защитный кожух может вращаться вместе с карданным валом и выступы могут быть источником захвата и травмирования работающих;

- на заднем мосту трактора установлен герконовый выключатель, а напротив него на фланце трактора смонтирован кронштейн с магнитом, что в случае отсутствия фланца или первого трубчатого элемента и, вместе с тем, появления неогражденной зоны карданного вала, не будет возможностей эксплуатировать сельскохозяйственный агрегат и травмировать работающих;

- соединительные кольца выполнены подвижными относительно фланцев трактора и исполнительной машины посредством двух осей, жестко связанных с ними, что даст возможность горизонтального перемещения первого и второго трубчатых элементов защитного кожуха относительно соответственно фланцев трактора и исполнительной машины для исключения неисправностей и поломок защитного кожуха и карданного вала в результате поворотов агрегата.

## **2.5 Обоснование предлагаемой конструкции и расчет параметров предохранительного устройства карданного вала**

При выборе перспективной конструкции были учтены разработанная классификация [73,77] предохранительных устройств карданных валов, их преимущества и недостатки и кинематика картофелеуборочного агрегата.

Устройство (рис. 2.19,а-б) состоит [58,59] из карданного вала приводной и исполнительной машин 1,2, валов-вилок 3 и 4, связанных с карданным валом агрегата и шлицевой втулки 5, сопрягаемой своей шлицевой поверхностью с наружной шлицевой поверхностью концов обоих валов-вилок. На наружной поверхности шлицевой втулки стопорным кольцом 6 жестко закреплена внутренняя обойма подшипника качения 7, а наружная обойма зафиксирована крышкой 8 во внутренней проточке фланца включения 9. Защитный кожух состоит из двух трубчатых элементов 10 и 11, соединенных с карданными валами и третьего трубчатого элемента 12, связанного с фланцем включения 9, подпружиненным (пружина 13) относительно карданного вала исполнительной машины, причем внутренняя поверхность третьего трубчатого элемента 12 сопряжена с наружной поверхностью второго трубчатого элемента 11 с возможностью осевого перемещения во время включения и выключения устройства.

Работает предохранительное устройство карданного вала следующим образом.

При подсоединении трактора к комбайну шлицевая втулка входит в зацепление с карданным валом трактора и фиксируется посредством жесткого болтового соединения фланца включения с первым трубчатым элементом защитного кожуха карданного вала трактора. Таким образом передача крутящего момента от ВОМ комбайну обеспечивается только при наличии защитного кожуха. При снятии защитного кожуха за счет отсоединения первого трубчатого элемента карданного вала трактора с фланцем включения и выхода из зацепления шлицевой втулки с карданным валом трактора прекращается передача крутящего момента от ВОМ.

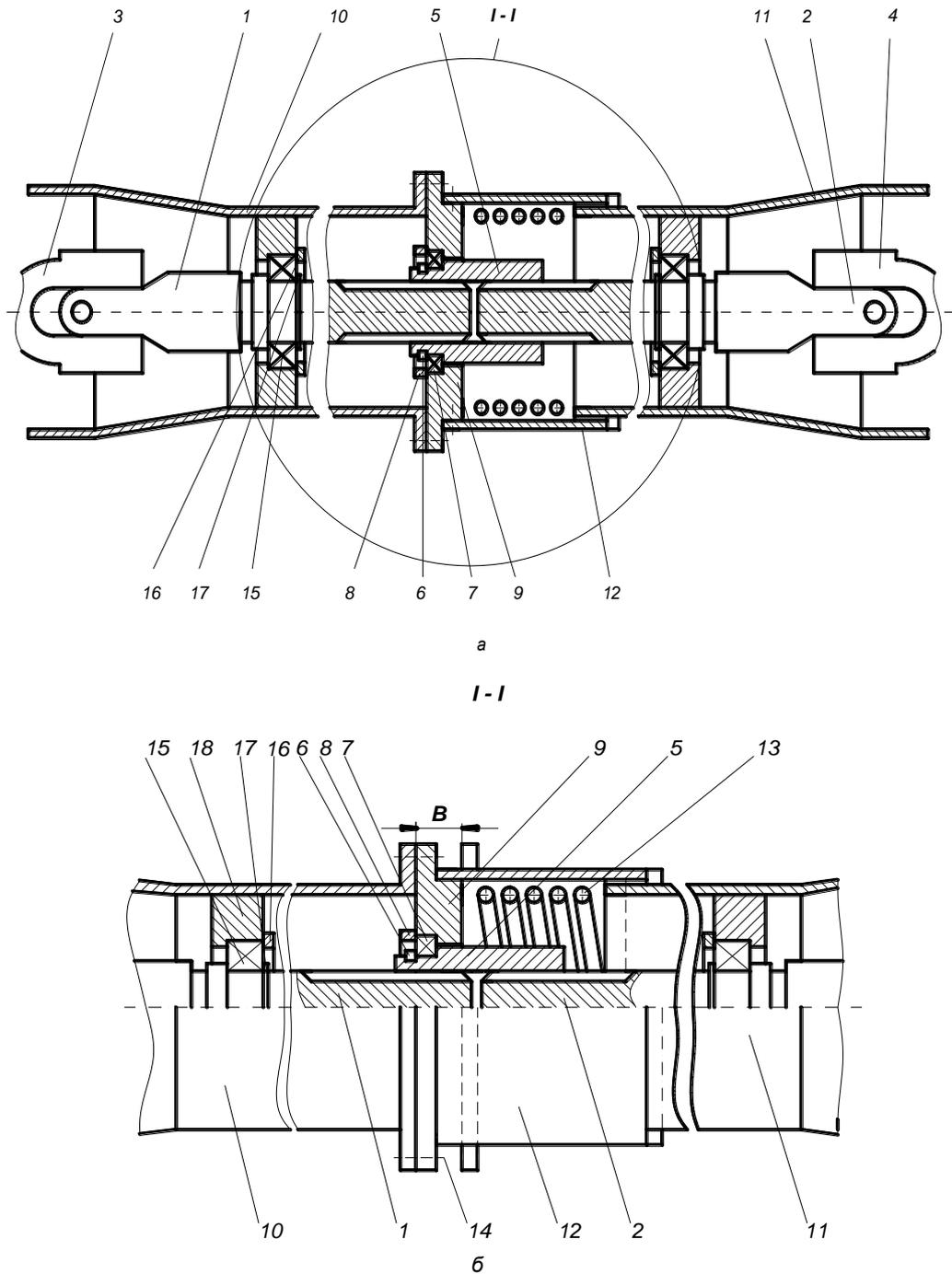


Рис.2.19: а, б – Предохранительное устройство карданного вала  
 а – общий вид; б – вид 1-1 (механизм включения-выключения)  
 1,2-карданные валы приводной и исполнительной машин, 3,4-валы-вилки, 5-штицевая втулка, 6-стопорное кольцо, 7,15-подшипник, 8,16-крышка, 9- фланец включения, 10,11,12-трубчатые элементы, 13-пружина, 14-втулка, 15-подшипник, 17-стопорное кольцо, 18-втулка

Обеспечение безопасности труда операторов агрегата в опасной зоне рассматриваемого карданного вала основано на принципе недоступности [35]. Прежде чем рассмотреть условия обеспечения "недоступности" прогнозируется вероятность возникновения опасных ситуаций. Из рис. 2.19, б видно, что сочленение карданных валов тяговой и рабочей машины без установки защитного кожуха невозможно. Но при этом необходимо нейтрализовать возможную опасность, возникающую при попытке оператора снять защитный кожух при не выключенном ВОМ трактора.

Такая попытка, хотя и явно противоречивая требованиям безопасности, логична при остановленном агрегате. В это время на карданном вале промежуточного соединения тяговой и рабочей машин действует момент  $M_{xx}$ , достаточный для привода рабочих органов агрегата без нагрузки. Опасная ситуация состоит в следующем. Комбайнер или тракторист предпринимают попытку сдвинуть элемент 10 защитного кожуха при не выключенном ВОМ трактора. Чтобы сдвинуть элемент 10 необходимо освободить болты крепления к элементу 9 защитного кожуха. Это делается без каких-либо помех и повышенной опасности. При сдвигании же элемента 10 между ними и элементом 8 возникает опасная зона, ширина которой равна перемещению сдвигу  $V'$  элемента 10.

В целях обеспечения безопасности операторов картофелеуборочного агрегата, в данной ситуации необходимо создать искусственное сопротивление  $Q$  сдвигу элемента 10 защитного кожуха карданного вала.

В целях обеспечения безопасности операторов картофелеуборочного агрегата необходимо создать искусственное сопротивление  $Q$  сдвигу элемента 10 защитного кожуха карданного вала

$$Q = F_{тр} + P, \quad (2.1)$$

где  $F_{тр}$  – усилие трения в парах шлицевой вал – шлицевая втулка, возникающее при осевом сдвиге втулки под нагрузкой  $M_{xx}$ ;

$P$  – сила пружины 11 (рис.2.19,а-б).

## Усилие трения

$$F_{\text{тр}} = \mu' \times P_o, \quad (2.2)$$

где  $\mu' = 0,06$  – коэффициент трения по стали со смазкой;

$P_o = M_{\text{хх}}/r_d$  – окружное усилие в шлицевой паре;

$r_d$  – радиус делительной окружности шлицевого соединения.

При определении параметров пружины исходили из норматива [35] поднимаемого и переносимого на руках груза для мужчин  $R = 50$  кг. Из этого норматива следует, что сила пружины 11 (рис. 2.19, а-б) в конце ее сжатия, т.е. в нормальном положении элемента 10 при сочленении ВОМ с ВПМ должно относительно легко преодолеваться механизатором с некоторыми среднестатистическими данными развития. Расчеты параметров пружины производятся по известной методике, например, [67], которая показана в дальнейшем изложении.

Исходные данные для расчета:  $D = 104,5$  мм - наружный диаметр пружины, определяемый как средний диаметр элемента 9 защитного кожуха  $D_{14} = 100$  мм плюс выбранный диаметр проволоки пружины  $d = 4,5$  мм;

$Z_1 = 2,2$  кг/мм - жесткость одного витка пружины сжатия 10 класса 1 ряда по ГОСТ 13771-68 с параметрами  $D = 104,5$  мм,  $h = 4,5$  мм;

$P_o = 0$  - сила пружины при предварительной деформации;

$P_2 = 50$  кг - рабочий ход пружины при рабочей деформации;

$h = 50$  мм - рабочий ход пружины, равный половине длины шлицевой втулки 3 (рис. 2.19, б).

Расчет: жесткость пружины

$$Z = (P_2 - P_1) / h = 1 \text{ кг/мм}. \quad (2.3)$$

Число рабочих витков пружины

$$n = Z_1 / Z = 2,2, \quad (2.4)$$

Полное число витков пружины

$$N_1 = n + n_2 \approx 0,6, \quad (2.5)$$

где  $n_2 = 3$  - число опорных витков.

Высота пружины при максимальной деформации

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) d = 18\text{мм}, \quad (2.6)$$

где  $n_3$  - число дошлифованных витков.

Максимальную деформацию пружины при соприкосновении витков прием исходя из конструктивных соображений  $F_3 = 150$  мм.

Предварительная деформация пружины

$$F_1 = P_1 / Z = 0. \quad (2.7)$$

Рабочая деформация пружины

$$F_2 = P_2 / Z = 50\text{мм}. \quad (2.8)$$

Высота пружины в свободном состоянии

$$H_0 = H_3 + F_3 = 168\text{мм}. \quad (2.9)$$

При нормально сочлененных ВОМ и ВПМ высота пружины

$$H_{01} = H_0 - P_1 = 168\text{мм}. \quad (2.10)$$

При полном разрыве связи между ВОМ и ВПМ высота пружины

$$H_{02} = H_0 - F_2 = 100\text{мм.} \quad (2.11)$$

Таким образом, получены все необходимые данные для выбора и изготовления пружины предохранительного устройства, а также для оценки надежности защиты работающих в зоне карданного вала при попытке оператора снять элемент 8 защитного кожуха карданного вала с неотключенным ВОМ.

План сил при данной опасной ситуации показан на рис. 2.20. На данном плане  $G = Q$ . Для того, чтобы сдвинуть элемент кожуха необходимо преодолеть силу  $G$ . Для этого усилие сжатия кожуха руками  $N$  должно создавать силу трения  $F_{\text{тр}}' \geq G$ . Тогда  $F_{\text{тр}}' \geq G = N \mu''$ . Откуда  $N \geq G / \mu''$ , а результирующая сила

$$R = \sqrt{G^2 + G^2 / \mu''^2} = G\sqrt{1 + 1 / \mu''^2}. \quad (2.12)$$

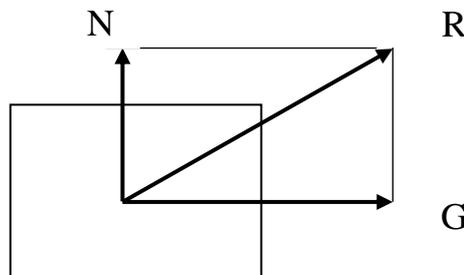


Рис. 2.20 – План сил при снятии защитного кожуха карданного вала при включенном ВОМ

При известных  $M_{\text{xx}} = 45 \text{ Нм}$  и  $r_d = 15 \text{ мм}$  найдем, что  $P_0 = 300 \text{ кг}$ . При коэффициенте трения закаленной стали со смазкой  $\mu'' = 0,06$  [67],  $P_0 = 18 \text{ кг}$ . Тогда  $G = 18 + P_{\text{пр}}$ .

Если ограничить значением 50 кг, соответствующем нормативу поднимаемого и переносимого груза для мужчин, и принять коэффициент трения  $\mu''$  кожи рук или рукавиц по стали 0,5, то формула (2.12) после подстановки известных значений  $G$  и  $\mu''$  примет вид

$$50 = (18 + P_{\text{пр}}) \sqrt{1 + 1/0,25},$$

откуда можно определить, что при усилии  $R = 50$  кг, затрачиваемом на сдвиг элемента 10 (рис.2.21) на пружину приходится усилие  $P_{\text{пр}} \approx 30$  кг. Тогда согласно характеристики пружины (рис.2.22) получим ширину незащищенной зоны  $B = 30$  мм.

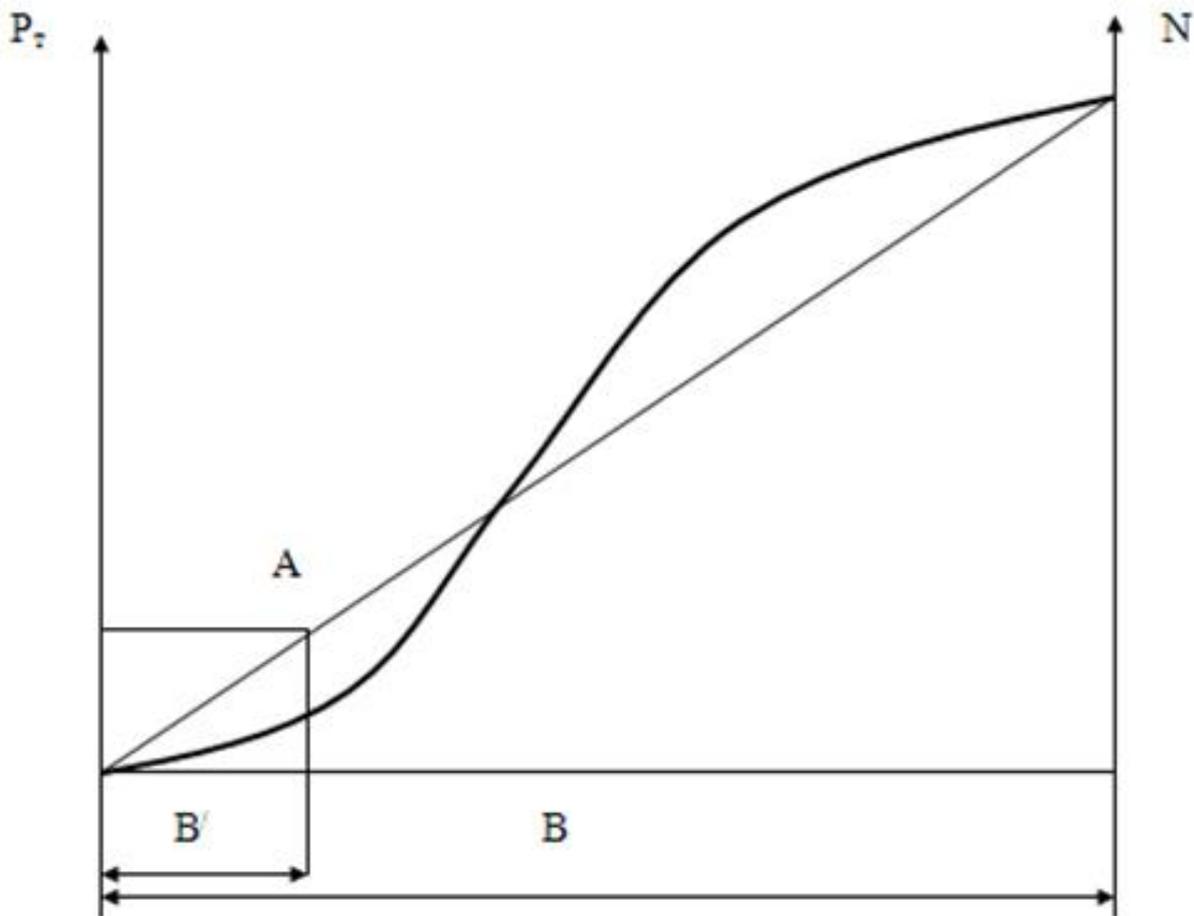


Рис. 2.21 – Схема определения вероятности травмирования карданными валами

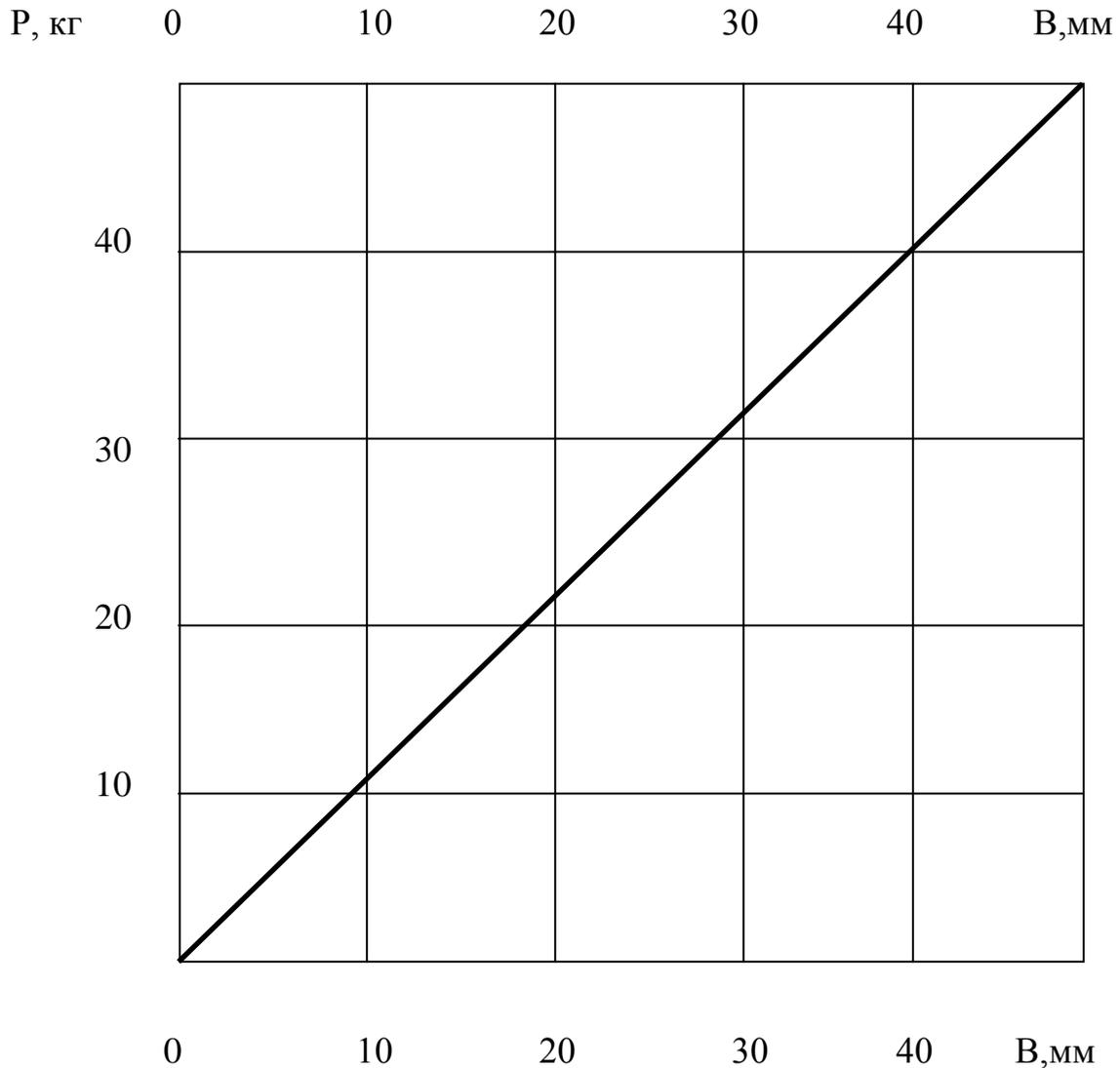


Рис.2.22 – Рабочая часть характеристики пружины предохранительного устройства карданного вала

Если принять предпосылку о линейном характере зависимости вероятности травмирования вследствие наматывания на карданный вал  $P_T$  от ширины опасной зоны  $B$  (рис. 2.21), то можно определить вероятность травмирования при использовании предложенного предохранительного устройства графическим способом. Она определяется как проекция точки  $A$  на ось  $Y$ , соответствующую  $P_T$  или среднестатистическому количеству несчастных случаев с летальным исходом от наматывания на карданные валы  $N$ .

Линейное представление кривой  $P_T = f(B)$  при малой ширине незащищенной зоны карданного вала оправдано, поскольку дает завышенные значения вероятности травмирования операторов. Поэтому прогнозируемые по линейному графику  $P_T = f(B)$  позволяют гарантировать, что они не будут больше фактических.

Таким образом, получен алгоритм оценки надежности предохранительных устройств карданных валов, но для его практического использования необходимо проверить правильность искомых предпосылок, относящихся к значениям коэффициентов трения  $\mu', \mu''$ , а также предельного значения нагрузки для мужчин. Поэтому предусмотрена соответствующая проверка.

Кроме этого необходимо провести расчеты предлагаемого предохранительного устройства на долговечность [59], которая ограничена сроком службы подшипникового узла. Для оценки долговечности подшипника необходимо провести следующие расчеты [60...67]:

1. Определяется допустимый угол перекоса  $\theta_0$  в ненагруженном радиальном шарикоподшипнике. Его определяют как минимальный угол перекоса, при котором внутреннее кольцо может вращаться относительно наружного без возникновения напряжений в деталях подшипника

$$\theta_o \approx \left\{ 1 - \frac{g}{D_o} \left[ \frac{(2f_s - 1)D_w - \left(\frac{g_r}{4}\right)}{D_o + ((2f_s - 1)D_w) - \left(\frac{g_r}{2}\right)} + \frac{(2f_n - 1)D_w - \left(\frac{g_r}{4}\right)}{D_o - ((2f_n - 1)D_w) + \left(\frac{g_r}{2}\right)} \right] \right\}, \quad (2.13)$$

где  $g_p$  – радиальный зазор в подшипнике, мм;

$D_o$  – диаметр подшипника по центрам тел качения, мм;

$D_w$  – диаметр шарика, мм;

$f_b = r_b/D_w$ ,  $f_n = r_n/D_w$  – радиусы дорожек качения соответственно внутреннего и наружного колец, мм.

2. Определяется эквивалентная динамическая нагрузка, из-за которой возникает перекос:

$$P = X \times F_r \times V \times K_b \times K_T, \quad (2.14)$$

где  $K_b$  – коэффициент безопасности, зависящий от характера нагрузки;

$K_T$  – температурный коэффициент;

$F_r$  – радиальная нагрузка, Н;

$V$  – коэффициент вращения;

$X$  – коэффициент радиальной нагрузки.

3. Определяется отношение

$$C / (P \times f_o), \quad (2.15)$$

где  $C$  – грузоподъемность, Н;

$f_o$  – коэффициент несоосности;

$P$  – динамическая эквивалентная нагрузка, определяемая по формуле

(2.14).

Коэффициент несоосности, определяется по формуле:

$$f_o = 2\sqrt{\theta / \theta_o}, \quad (2.16)$$

где  $\theta$  – фактический угол перекоса, мин;

$\theta_o$  – допустимый угол перекоса, определяемый по (2.13), мин.

В зависимости от отношения (2.15) и числа оборотов карданного вала определяется долговечность. Расчеты для принятого предохранительного устройства карданного вала сельскохозяйственного агрегата показали, что долговечность подшипникового узла составляет  $L_{10h} = 2350$  ч, что значительно превышает срок службы машин.

## 2.6 Статистическая оценка эффективности защиты предохранительного устройства при устранении технологических отказов в зонах карданных валов

По результатам экспериментального исследования получены гистограммы и статистические функции распределения ширины незащищенной зоны, образующейся при попытке оператора снять защитный кожух карданного вала, при выключенном ВОМ трактора (рис.2.23, а) и при наиболее типичном случае, когда ВОМ включен (рис.2.23, б). В первом случае функция распределения вероятностей имеет описание:

$$P(B) = 0,012 e^{-\frac{(B-56)^2}{162}}, \quad (2.17)$$

во втором случае

$$P(B) = 0,0125 e^{-\frac{(D-40)^2}{205,21}} \quad (2.18)$$

Из соотношений 2. 17 и 2. 18 определим, что наиболее типичным является: для первого случая  $B = 56$  мм и для второго случая  $B = 40$  мм. В связи с тем, что преобладающее количество несчастных случаев связано с проведением работ в зоне вращающегося карданного вала, промежуточного соединения трактора и сельскохозяйственной машины, для оценки эффективности применения предохранительного устройства карданного вала ширину незащищенной зоны примем  $B = 40$ мм. Оценку эффективности защиты работающих в зонах карданных валов производим на основе сравнения числовых характеристик процесса  $P_T(t)$  при использовании предлагаемого предохранительного устройства карданного вала и при существующем положении дел в смысле защиты работающих при изучаемой ситуации. Достаточно располагать значениями оценок математического ожидания  $M_p$  и среднего квадратического отклонения процесса  $\sigma_p$  в обоих сравниваемых случаях.

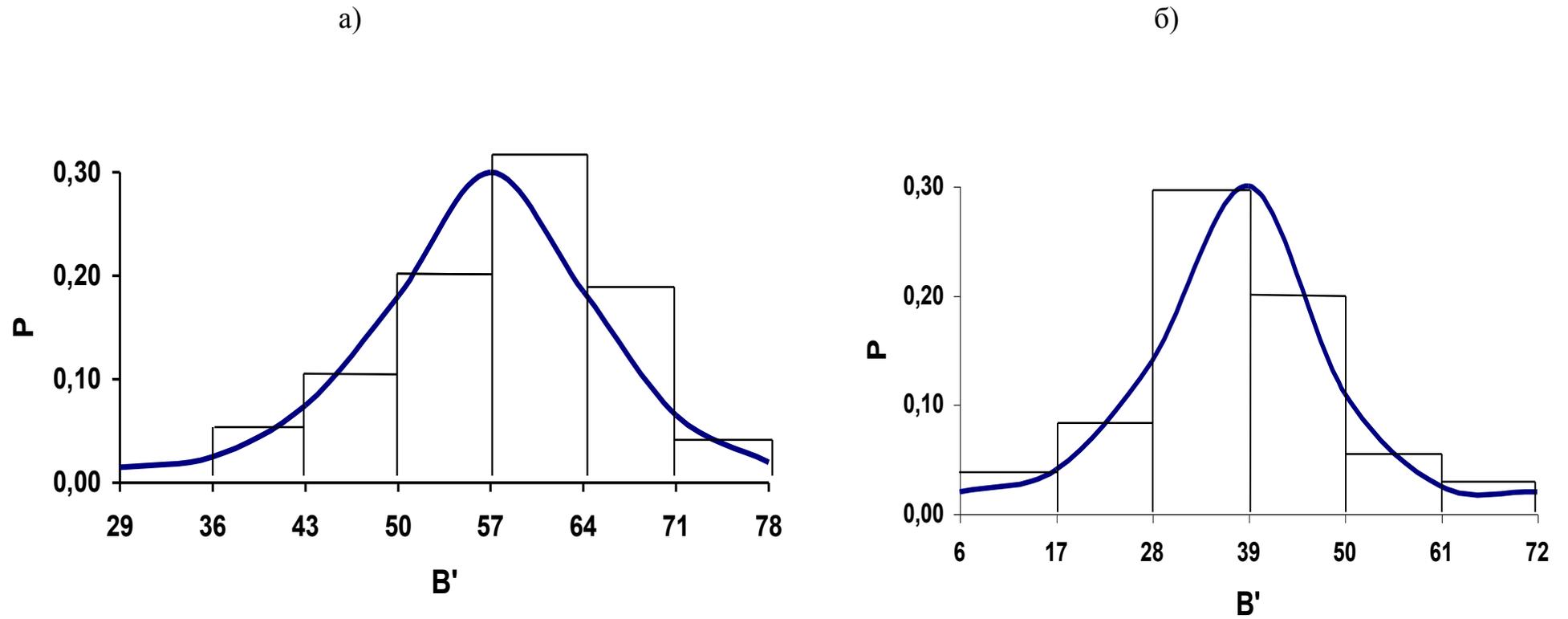


Рис.2.23: а, б – Гистограммы и статистические функции распределения значений  $V'$  при включенном ВОМ трактора – а; при холостом прокручивании рабочих органов – б;

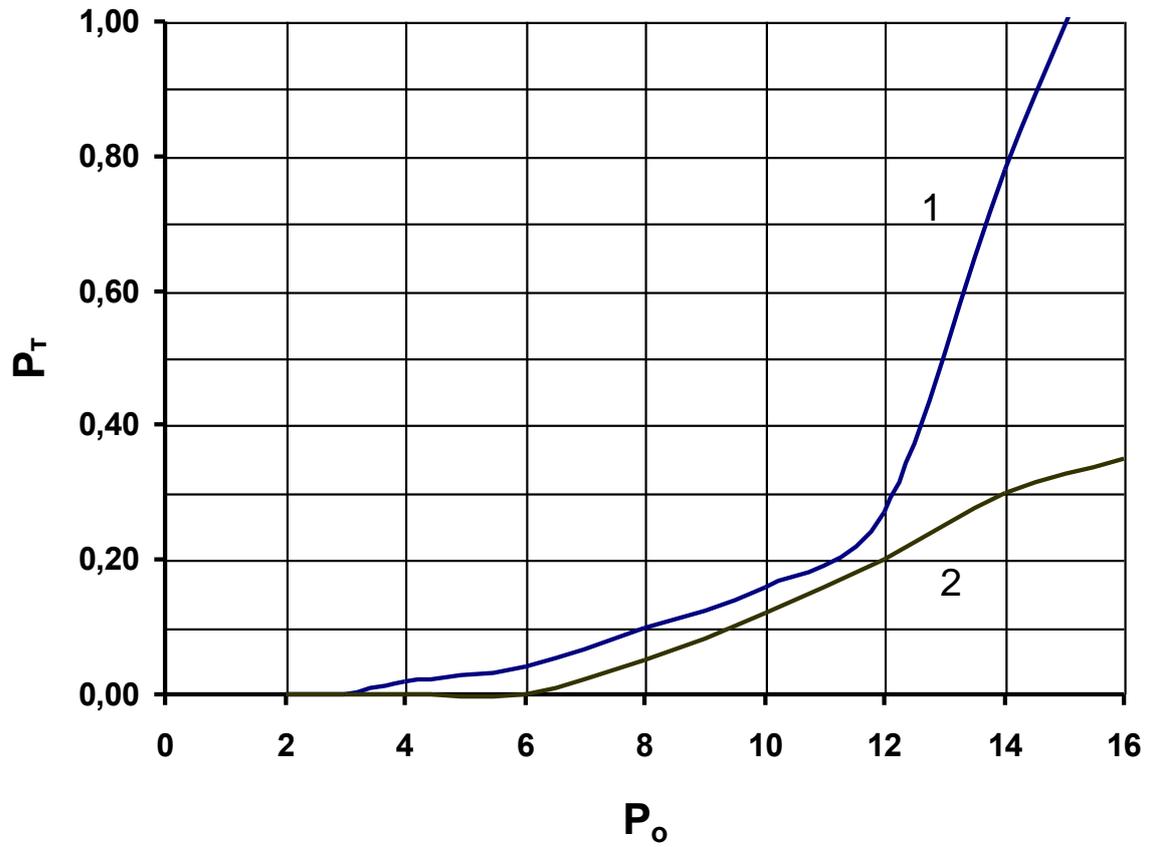


Рис.2.24 – Зависимости  $P_T = f(P_o)$  для случаев использования на сельскохозяйственных агрегатах серийного (1) и рекомендуемого (2) предохранительного устройства карданных валов

Исходными данными для расчета параметров процесса  $P_T(t)$  являются реализация процесса  $P_0(t)$  и графические зависимости  $P_T = f(P_0)$  [69], полученные для полностью неогражденного карданного вала и для ширины неогражденной его зоны  $B = 40$  мм (рис.2.24). Для расчетов приняты только экстремальные значения реализации процесса  $P_0(t)$ , что вполне достаточно для определения оценок  $M_p$  и  $\sigma_p$ . Исходные данные и результаты расчетов приводятся в табл. 2.5.

Из таблицы видно, что использование предлагаемого предохранительного устройства карданного вала существенно улучшает параметры процесса  $P_T(t)$ . Так, математическое ожидание уменьшается в 1,86 раза, среднее квадратическое отклонение - в 2,33 раза, максимальный, гарантированный от превышения, уровень вероятности травмирования - в 2,33 раза. С учетом оптимизаций скоростного режима и параметров регулировок предохранительных муфт комбайна уровень вероятности травмирования при скорости движения 0,75 м/с снизится в 13,6 раза, а при значении 1,00 м/с – 10,99 раза.

По результатам исследований следует:

- применение существующих технических средств защиты от карданных валов в виде защитных кожухов не дает ощутимого результата из-за низкой эффективности применения, к концу пятого года эксплуатации на сельскохозяйственной технике их остается только около 30 %. Существующие конструкции предохранительных устройств карданных валов не нашли применения в серийном производстве из-за низких надежности, эксплуатационных свойств и эффективности защиты. Кроме того, в настоящее время отсутствуют методики оценки защитных свойств устройств от захвата карданными валами, учитывающих специфику производства, проводимого сельскохозяйственными агрегатами.

- для управления безопасностью труда получены экспериментальные экспоненциальные зависимости вероятности травмирования операторов от вероятности устранения технологических отказов  $P_T = f(P_0)$  при различных значениях ширины незащищенной зоны  $B'$  карданного вала, позволяющие оценить

существующие средства защиты и рекомендуемые предохранительные устройства карданных валов.

- анализ существующих и разработанных конструкций предохранительных устройств, их классификация позволили рекомендовать устройство с повышенными эксплуатационными свойствами, надежностью работы, долговечность которых составляет 2350 ч, ширина незащищенной зоны карданного вала при выключенном ВОМ составляет 56 мм, при включенном ВОМ – 40 мм.

- оценка эффективности защиты работающих в зонах карданных валов произведена на основе сравнения числовых характеристик процесса  $P_T(t)$ . При использовании рекомендуемого предохранительного устройства карданного вала математическое ожидание уменьшится в 1,86 раза, среднеквадратическое отклонение – в 2,33 раза, гарантированный от превышения уровень вероятности травмирования – в 2,33 раза.

- предложенная схема предохранительного устройства карданного вала реализована в виде опытного образца, который прошел производственную проверку, что подтверждает правильность предлагаемых методик расчета их параметров и позволяет рекомендовать эти конструкции для использования в сельскохозяйственном производстве России.



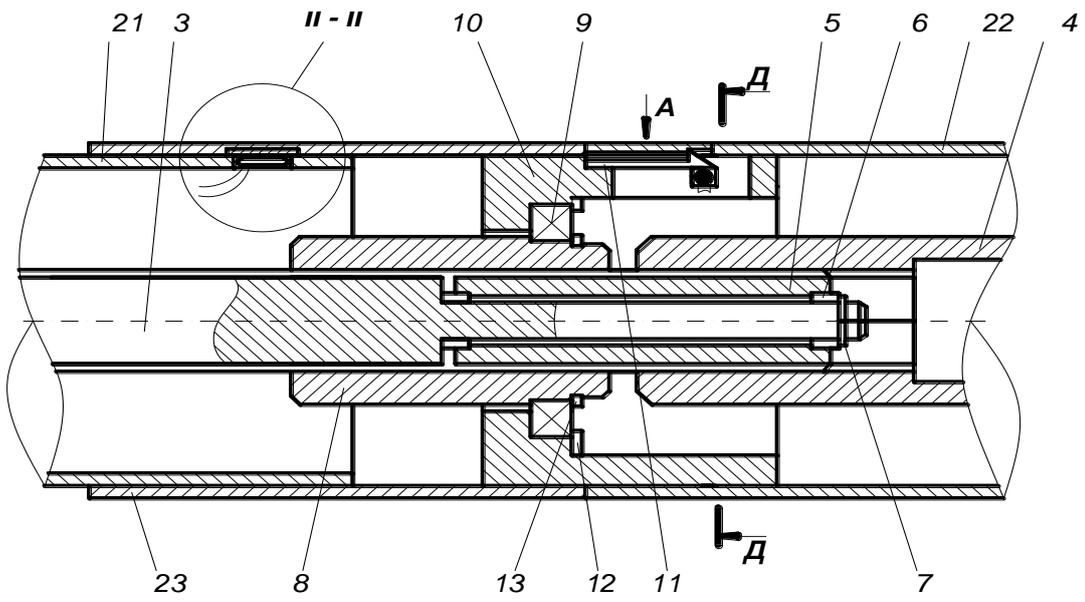
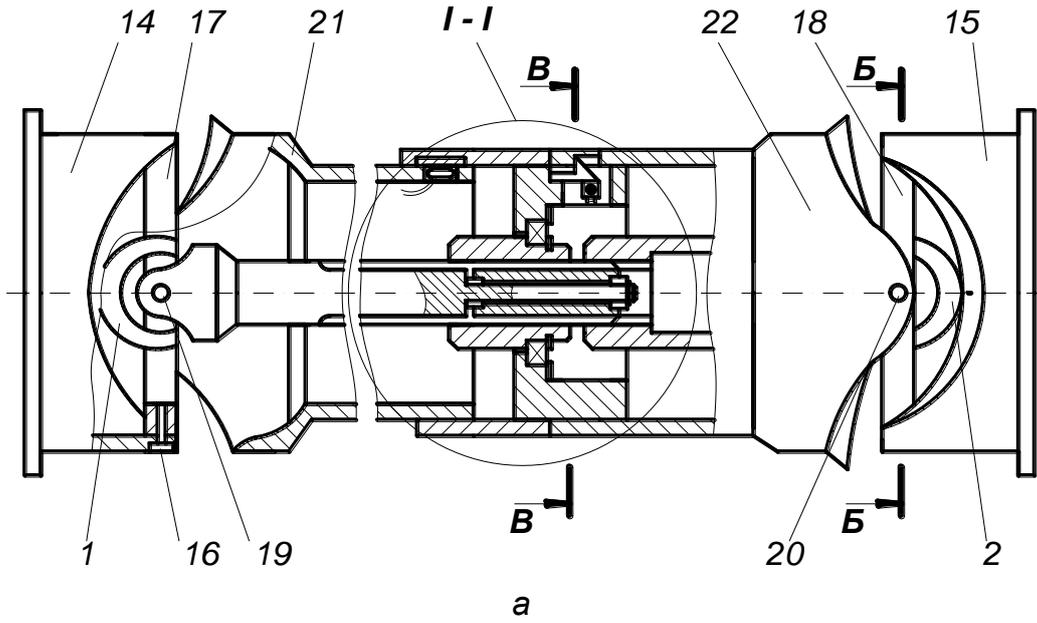
### **3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ В ЗОНАХ КАРДАННЫХ ВАЛОВ**

Проблема дальнейшего повышения эффективности защиты остается актуальной задачей. Приоритетным направлением остается разработка предохранительных устройств карданных валов, связанных заодно с защитным кожухом, которые по типу защитного кожуха и эффективности защиты выполнены на базе оригинального защитного кожуха и использование которых позволяет эксплуатировать сельскохозяйственную технику при исключении незащищенной зоны карданного вала. Основным недостатком разработанных устройств является – наличие незащищенной зоны карданного вала, размеры которой зависят от конструктивных параметров устройств и условий эксплуатации.

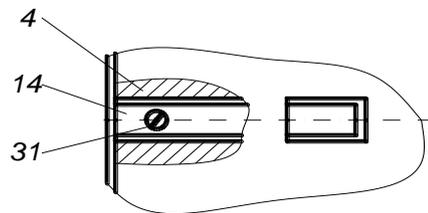
#### **3.1 Совершенствование конструкций предохранительных устройств карданных валов на базе оригинального защитного кожуха**

##### **3.1.1 Предохранительное устройство с частичной блокировкой зоны ограждения карданного вала**

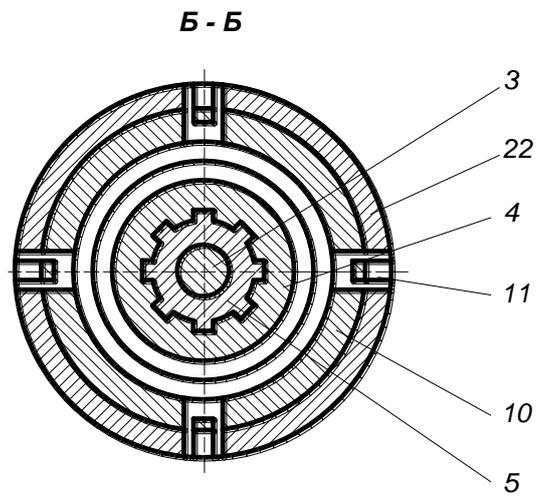
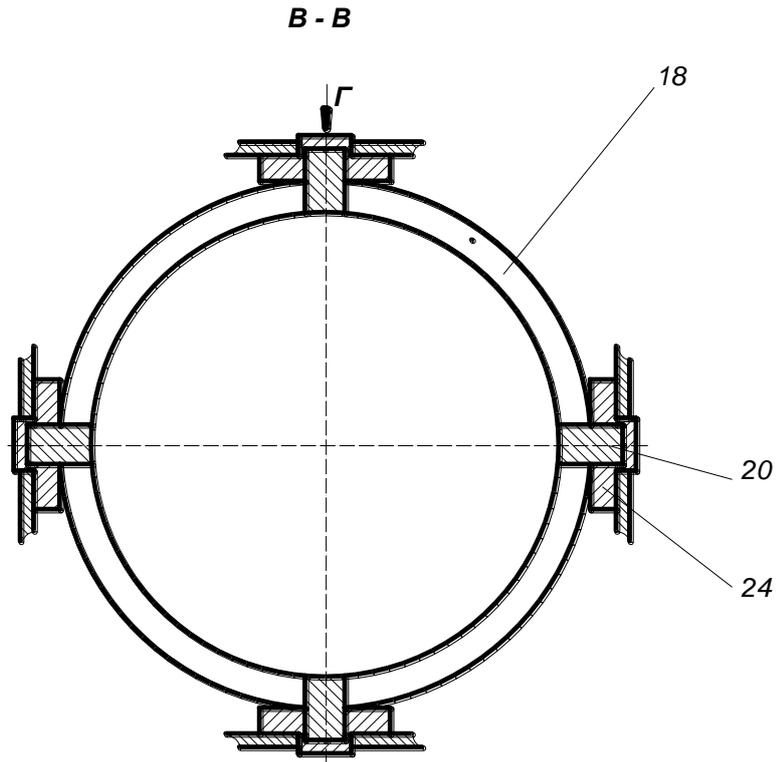
С этой целью предлагается конструкция (рис.3.1,а-г) предохранительного устройства карданного вала [70, 71], которая состоит из карданного вала 1 приводной и карданного вала исполнительной машины 2, коаксиально которым установлен защитный кожух с возможностью осевого перемещения относительно указанных валов. К карданным валам 1 и 2 присоединены соответственно вал-вилка 3 и дополнительный вал вилка 4, связанные между собой посредством втулки включения 5, которая установлена в подшипниках скольжения 6, жестко закрепленных стопорным кольцом 7 на цилиндрической поверхности ступени меньшего диаметра вала вилки 3.



Вид А



б



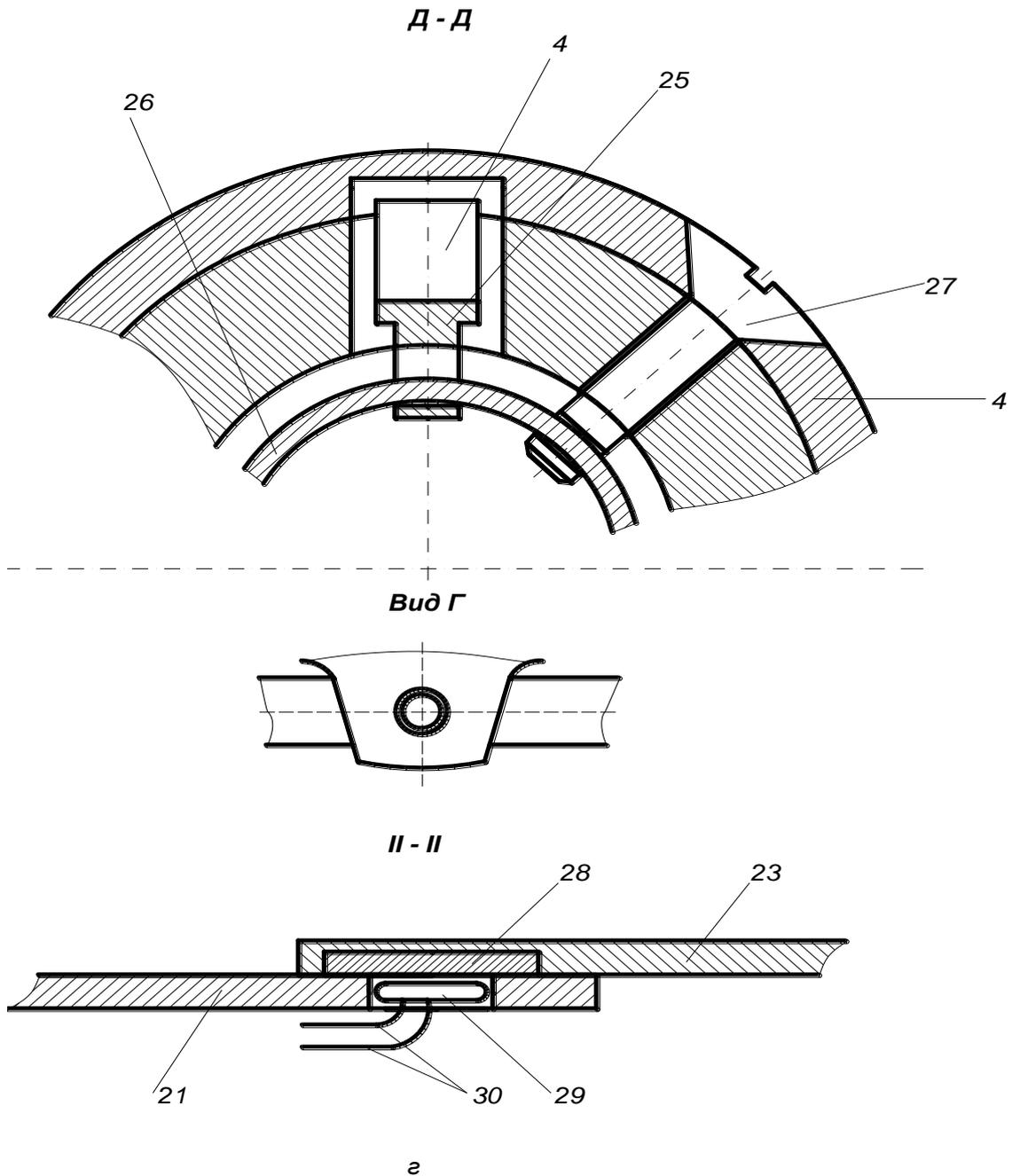


Рис.3.1: а – г – Предохранительное устройство карданного вала:  
 а – общий вид, б – виды I – I (механизм включения-выключения) и А; в - разрезы Б – Б и В – В; г – виды Г и II – II, разрез Д – Д

1,2-карданный вал приводной и исполнительной машин, 3-вал-вилка,  
 4-дополнительный вал-вилка, 5-штулка включения, 8-штицевая втулка, 10-стакан,  
 12- крышка, 13-втулка, 6,9-подшипник, 7,13-стопорное кольцо, 14,15-фланцы при-  
 водной и исполнительной машин, 16-болты, 17,18- соединительные кольца,  
 11-пружинистые защелки, 19,20-оси , 21,22,23-первый, второй и третий трубчатые  
 элементы, 24-втулки, 25-кронштейн, 26-гибкий трос 27-винт, 28-магнит, 29-геркон,  
 30-провода

Втулка включения 5 сопрягается своей наружной шлицевой поверхностью с внутренней поверхностью дополнительного вала-вилки 4 и связана со шлицевой поверхностью ступени большего диаметра вала вилки 3 посредством шлицевой втулки 8, на наружной поверхности которой размещено фиксирующее средство в виде подшипника 9 и стакана 10, с жестко связанными пружинистыми защелками 11, во внутренней проточке которого размещена наружная обойма подшипника 9, зафиксированная крышкой 12, а внутренняя обойма закреплена стопорным кольцом 13 на наружной поверхности шлицевой втулки 8.

Защитный кожух выполнен составным из жестко закрепленных к приводной и исполнительной машинам соответственно фланцев 14 и 15. К каждому из этих фланцев соединительными болтами 16 присоединены соответственно соединительные кольца 17 и 18, к которым через оси 19 и 20 крепятся трубчатые элементы 21 и 22 с возможностью поворота относительно осей 19 и 20, а следовательно, относительно фланцев 14 и 15.

Трубчатый элемент 23 с возможностью осевого перемещения жестко связан со стаканом 10, который в свою очередь, жестко связан с трубчатым элементом 22 посредством пружинистых защелок 11, перемещающихся до зацепления в пазы, выполненные в трубчатом элементе 22, вдоль направляющихся с возможностью осевого перемещения вдоль первого трубчатого элемента. Трубчатый элемент 21 имеет возможность осевого перемещения вдоль внутренней поверхности трубчатого элемента 23 в случае компенсации длины карданной передачи при копировании рельефа местности исполнительной машиной.

В отверстиях первого 21, второго 22 трубчатых элементов, фланцев 14 и 15 запрессованы втулки 24, выполненные закрытыми с наружной стороны, в которых производится поворот колец 17 и 18, осей 19 и 20 фланцев трактора и приводной машины.

На концах пружинистых защелок с внутренней стороны жестко закреплены кронштейны 25 с отверстиями, через которые протягивается стальной гибкий трос 26, закрепленный винтом 27. На конце винта также через отверстия проходит трос 26 по замкнутому кругу.

С внутренней стороны третьего трубчатого элемента установлен магнит 28, с наружной стороны первого трубчатого элемента установлен геркон 29, связанный проводами 30 с электрической системой запуска двигателя трактора.

Работает устройство следующим образом:

При установке защитного кожуха карданного вала стакан 10 с трубчатым элементом 23 перемещается вправо относительно трубчатого элемента 21 и жестко соединяется с трубчатым элементом 22 посредством пружинистых защелок 11, фиксируя положение кожуха относительно вала-вилки 3, дополнительного вала-вилки 4 и передают крутящий момент от карданного вала приводной машины 1 к карданному валу исполнительной машины 2.

При разъединении трубчатых элементов защитного кожуха 22 и 23 винт 27 прокручивается в любую сторону и происходит натяжение троса 26. Трос 26 тянет кронштейны 25 к осевой линии трубчатого элемента 23, при этом пружинистые защелки 11 выходят из паза зацепления трубчатого элемента 22. При перемещении трубчатого элемента 23 со стаканом 10 и магнитом 28 влево происходит его разъединение с трубчатым элементом 22 и герконом 29. Магнит 28 выходит из зоны контакта с герконом 29, который связан проводами 30 с электрической системы запуска двигателя и прекращается передача крутящего момента от карданного вала приводной машины 1 к карданному валу исполнительной машины 2.

Использование предлагаемого устройства дает возможность повысить эксплуатационные свойства устройства за счет того, что в нем:

- с внутренней стороны третьего трубчатого элемента установлен магнит, напротив которого с наружной стороны первого трубчатого элемента - геркон, связанный проводами с электрической системой запуска двигателя, что не даст возможность эксплуатации агрегата без установки защитного кожуха;

- пазы выполнены закрытые с наружной стороны второго трубчатого элемента, что исключит возможность их забивания в процессе эксплуатации;

- с внутренней стороны второго трубчатого элемента выполнены пазы и направляющие для перемещения пружинистых защелок в пазы для зацепления, что обеспечит удобную и безопасную сборку и разборку конструкции;

- к концам пружинистых защелок с внутренней стороны жестко закреплены кронштейны с отверстиями, через которые протянут стальной гибкий трос, закрепленный винтом с наружной стороны второго трубчатого элемента, что обеспечит одновременное нажатие всех пружинистых защелок без использованием для этого специального устройства, что снизит трудоемкость обслуживания;

- с наружной стороны первого, второго трубчатых элементов, фланцев трактора и прицепной машины запрессованы закрытые втулки, что не даст возможности попадания грязи в конструкцию и привести к преждевременному износу и выходу из строя устройства.

Новые существенные признаки заключаются в следующем.

С внутренней стороны третьего трубчатого элемента установлен магнит. С наружной стороны первого трубчатого элемента установлен геркон. Пазы выполнены закрытыми с наружной стороны второго трубчатого элемента. С внутренней стороны второго трубчатого элемента выполнены пазы и направляющие для перемещения пружинистых защелок в пазы для зацепления. К концам пружинистых защелок с внутренней стороны жестко закреплены кронштейны с отверстиями. Через отверстия протянут стальной гибкий трос. Трос закреплен винтом с наружной стороны второго трубчатого элемента. С наружной стороны первого, второго трубчатых элементов, фланцев трактора и прицепной машины запрессованы закрытые втулки.

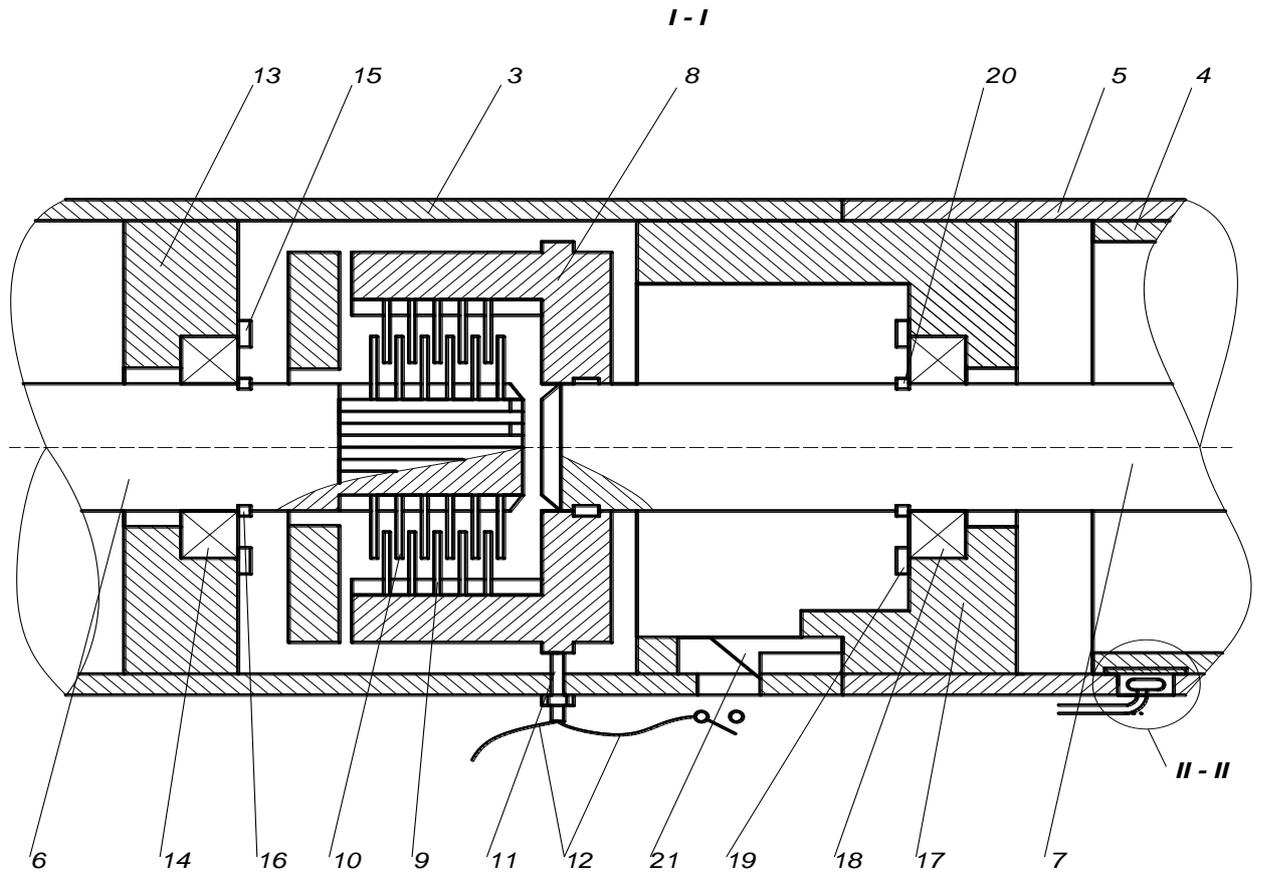
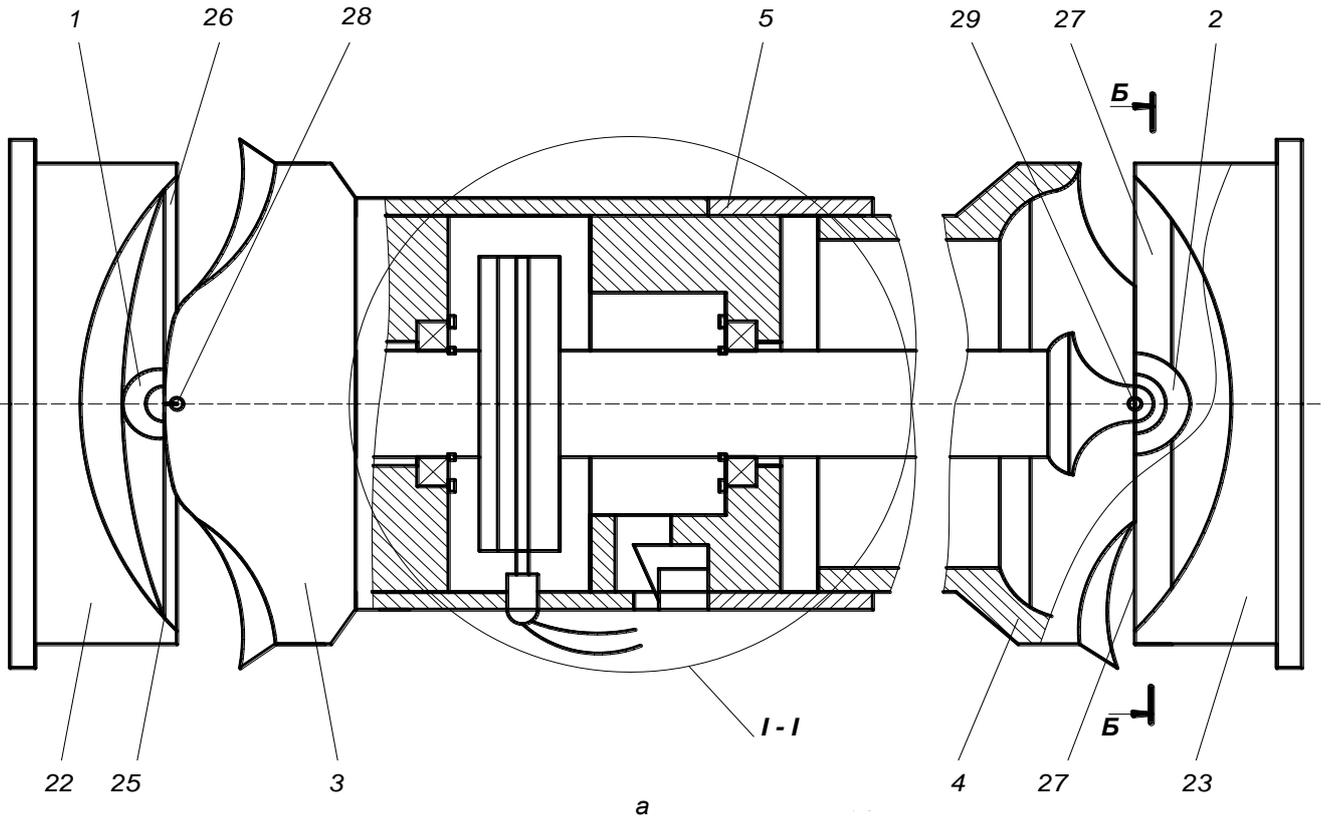
Таким образом, предлагаемая конструкция наряду со многими преимуществами решит важную проблему – не позволит эксплуатировать сельскохозяйственный агрегат в случае появления незащищенной зоны карданного вала при поломке или иной причине отсутствия первого трубчатого элемента.

Остается нерешенной проблема повышения эффективности работающих в зонах карданных валов за счет исключения незащищенной зоны по причине отсутствия или поломки третьего трубчатого элемента.

### **3.1.2 Предохранительное устройство с полной блокировкой зоны ограждения карданного вала**

В предлагаемой конструкции предохранительное устройство карданного вала состоит из карданного вала 1 приводной машины (рис.3.2, а-в) [72] и карданного вала 2 исполнительной машины, коаксиально которым установлен защитный кожух, состоящий из трех трубчатых элементов 3,4,5, с возможностью осевого перемещения относительно указанных валов. К карданным валам 1 и 2 присоединены соответственно ведущий вал 6 и ведомый вал 7, связанные между собой посредством электрической муфты, корпус 8 которой жестко связан с ведомым валом 7, внутри полости корпуса 8 смонтированы ведомые фрикционные диски 9, ведущие фрикционные диски 10 связаны с шлицевым хвостовиком ведущего вала 6 с возможностью продольного перемещения вдоль шлицевых пазов. На наружной поверхности корпуса электрической муфты смонтирован контактный выступ со щеткой 11, связанной проводами 12 с электрической схемой запуска двигателя приводной машины, Первый трубчатый элемент 3 жестко связан со втулкой 13, во внутренней проточке которой размещена наружная обойма подшипника 14, зафиксированная крышкой 15, внутренняя обойма подшипника 14 закреплена стопорным кольцом 16.

Трубчатый элемент 5 жестко связан со стаканом 17, который в свою очередь, жестко связан с трубчатым элементом 3 посредством пружинистых защелок 21, перемещающихся до зацепления в пазы, выполненные в трубчатом элементе 3, Второй трубчатый элемент 4 имеет возможность осевого перемещения вдоль внутренней поверхности трубчатого элемента 5 в случае компенсации длины карданной передачи при копировании рельефа местности исполнительной машиной.



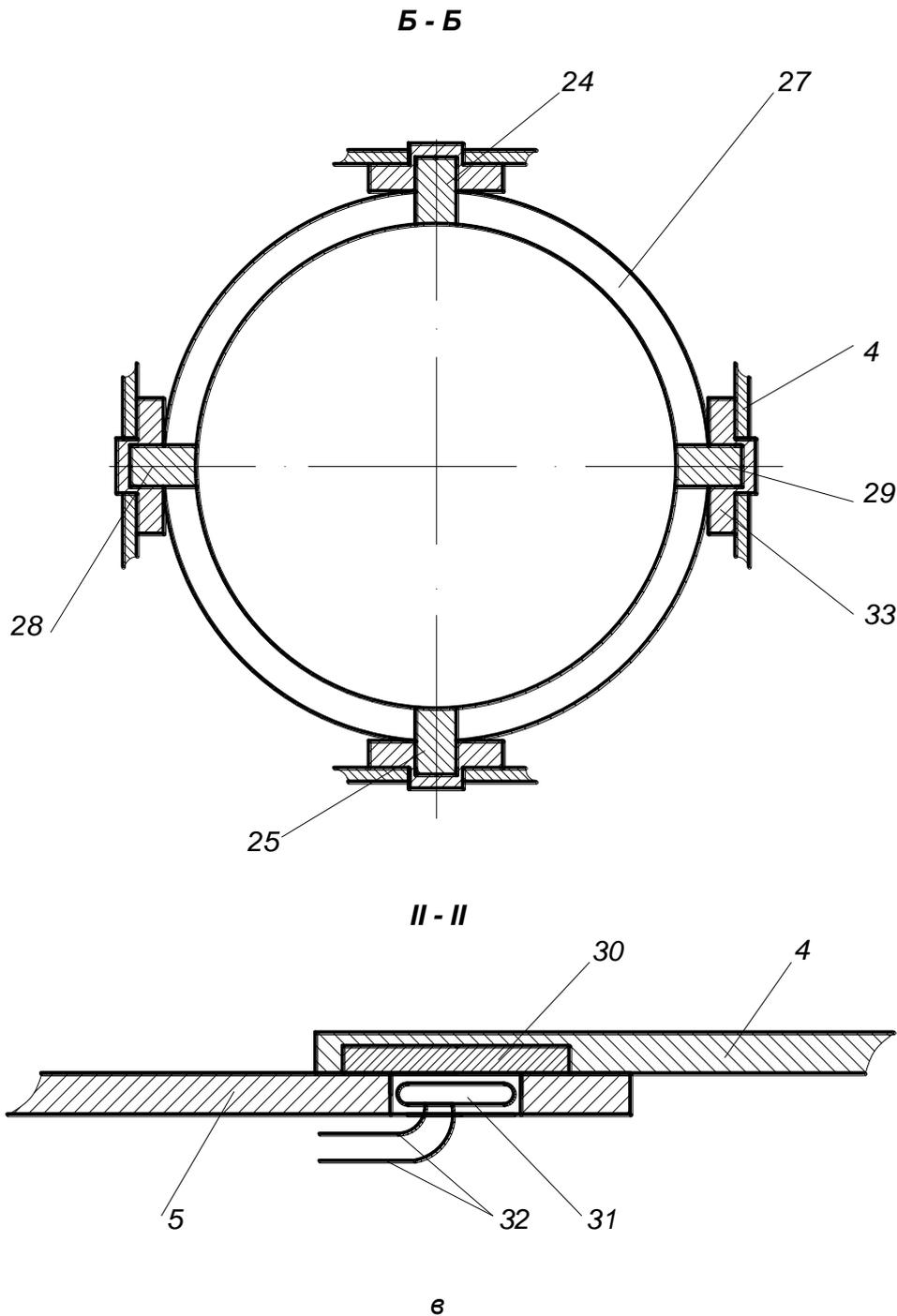


Рис.3.2, а-в Предохранительное устройство карданного вала:  
 а – общий вид; б – вид I – I (механизм включения-выключения); в – вид II – II и  
 разрез Б – Б

1,2-карданный вал приводной и исполнительный машин, 3,4,5-первый, второй и третий трубчатые элементы, 6,7 ведущий и ведомый валы, 8-электрическая муфта, 9,10-ведомая и ведущая фрикционные муфты, 11-щетка, 12-провода, 13,17-штулка, 14,18-подшипник, 15-крышка, 16,20-стопное кольцо, 21-пружинистые защелки, 22,23-фланцы приводной и исполнительный машин, 24,25,28,29-оси, 26,27- соединительные кольца, 30-магнит, 31-геркон, 32-провода, 33-штулки

Защитный кожух выполнен составным из жестко закрепленных к приводной и исполнительной машинам соответственно фланцев 22 и 23. К каждому из этих фланцев при помощи осей 24, 25 присоединены соответственно соединительные кольца 26 и 27, к которым через оси 28 и 29 крепятся трубчатые элементы 3 и 4 с возможностью поворота относительно осей 24, 25, 28, 29, а следовательно относительно фланцев 22 и 23.

В отверстиях первого 3, второго 4 трубчатых элементов, фланцев 22 и 23 запрессованы втулки 30, выполненные закрытыми с наружной стороны, в которых производится поворот колец 26 и 27, осей 28 и 29 фланцев трактора и приводной машины.

С внутренней стороны второго трубчатого элемента 4 установлен заподлицо магнит 30, с наружной стороны третьего трубчатого элемента 5 установлен заподлицо геркон 31, связанный проводами 32 с электрической системой запуска двигателя трактора.

Работает устройство следующим образом:

При установке защитного кожуха карданного вала стакан 17 с трубчатым элементом 5 перемещается влево относительно трубчатого элемента 4 и жестко соединяется с трубчатым элементом 3 посредством пружинистых защелок 21, фиксируя положение кожуха относительно ведущего вала 6, ведомого вала 7 и передают крутящий момент от карданного вала приводной машины 1 к карданному валу исполнительной машины 2.

При перемещении трубчатого элемента 5 со стаканом 17 и магнитом 30 вправо происходит его разъединение с трубчатым элементом 3 и герконом 31. Магнит 30 выходит из зоны контакта с герконом 31, который связан проводами 32 с электрической системы запуска двигателя и прекращается передача крутящего момента от карданного вала приводной машины 1 к карданному валу исполнительной машины 2.

Использование предлагаемой конструкции позволяет повысить безопасность работающих и упрощение конструкции устройства за счет измене-

ния конструкции отключающего механизма и подсоединения третьего трубчатого элемента к электрической системе запуска двигателя и отличается:

- ведомым карданный валом, жестко связанным с корпусом электрической муфты, на котором смонтирован кольцевой контактный выступ, щеткой, взаимодействующей с электрической муфтой, жестко закрепленной к первому трубчатому элементу и связанной проводами с электрической системой запуска двигателя приводной машины. Такое конструктивное решение не позволит эксплуатировать агрегат без установки первого трубчатого элемента защитного кожуха и появления в этом случае неогражденной зоны карданного вала;

- установкой внутри корпуса электрической муфты фрикционных ведомых дисков, между которыми расположены ведущие фрикционные диски, связанные с шлицевым хвостовиком ведущего карданного вала с возможностью продольного перемещения вдоль шлицевых пазов. Такое конструктивное решение позволит значительно снизить ход включения и выключения устройства и упрощение конструкции;

- установкой с внутренней стороны второго трубчатого элемента магнита, напротив которого с наружной стороны третьего трубчатого элемента установлен геркон, связанный через провода с электрической системой запуска двигателя. Такое конструктивное решение не позволит эксплуатировать агрегат без установки второго трубчатого элемента защитного кожуха и появления в этом случае неогражденной зоны карданного вала;

- использованием стандартных ведущего и ведомого карданных валов, что даст возможность исключения применения ступенчатых карданных валов сложной конструкции, тем самым снизить трудоемкость обслуживания.

Новизна технического решения заключается в том, что отключающий механизм выполнен в виде стандартных карданных валов, соединенных электрической муфтой, контактная щетка закреплена на первом трубчатом элементе, во втором трубчатом элементе установлен магнит, напротив которого в отверстии третьего трубчатого элемента крепится геркон. Указанные преимущества не

дадут возможности эксплуатировать сельскохозяйственную технику без защитного ограждения карданного вала.

### **3.2 Классификация предохранительных устройств карданных валов машинно-тракторных агрегатов**

Анализ существующих и предложение перспективных конструкций предохранительных устройств карданных валов позволили расширить их классификацию (рис.3.3).

Предохранительные устройства [73...76] по исполнению можно разделить на два вида устройств. Первые монтируются на тракторе и являются блокировочными устройствами в качестве дополнения к системе “защитный кожух - карданный вал”, вторые также являются блокировочными устройствами, но выполнены заодно с защитным кожухом и разработаны за счет совершенствования конструкции системы “защитный кожух – карданный вал”. Устройства, которые монтируются на тракторе по типу механизма включения – выключения и трудоемкости обслуживания можно разделить на устройства 1 с использованием кулачковой муфты 1, использование которых дает возможность значительно снизить ход включения – выключения устройства соответственно для передачи и прекращения передачи крутящего момента рабочим органам машин, что создает предпосылки для создания конструкций с наименьшими габаритными размерами [43...45]. Другие устройства 2-5 этого типа с применением шлицевой втулки [46,47] имеют более простую конструкцию, но не имеют преимуществ предыдущего устройства, т.к. в данном случае высокий ход включения-выключения устройства приводит к увеличению габаритных размеров, что ограничено конструкциями прицепного и навесного оборудования.

Устройства, выполненные заодно с защитным кожухом по виду защитного кожуха разделяются на конструкции с использованием серийного 6-7 [58,59], оригинального 8-14 [40, 48...57, 70...72] и сильфонного 15 [41] защитных кожухов карданных валов.

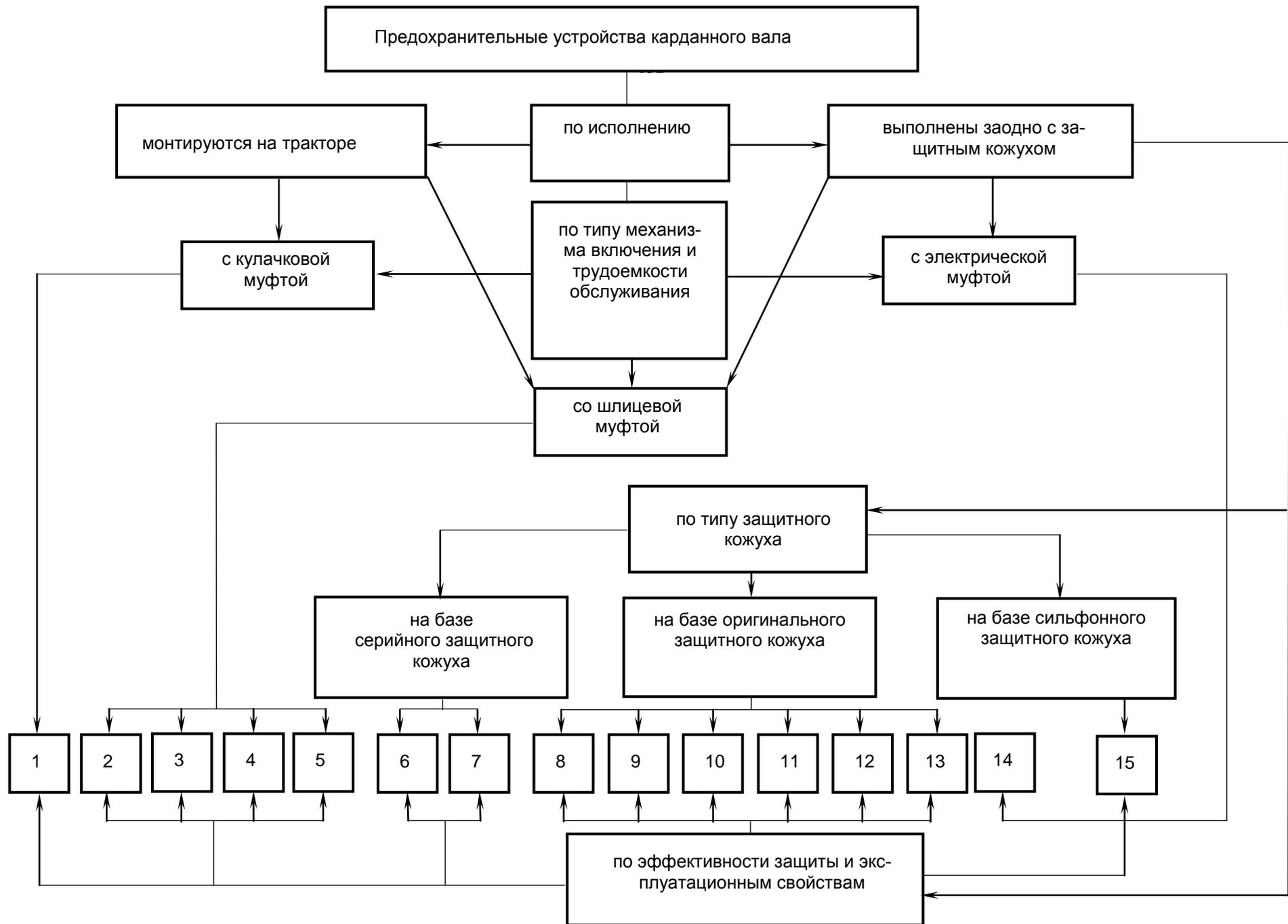


Рис.3.3 – Классификация предохранительных устройств карданных валов

По эксплуатационным свойствам и эффективности защиты можно выделить предохранительные устройства 8 [40] с возможностью перекоса подшипникового узла механизма включения – выключения и без создания дополнительного сопротивления при перемещении третьего трубчатого элемента

Предохранительные устройства 9 [48,49] с созданием дополнительной компенсации длины карданной передачи, без перекоса подшипникового узла механизма включения – выключения и создания дополнительного сопротивления при перемещении третьего трубчатого элемента, с возможностью перемещения кожуха в горизонтальной плоскости, тем самым достигается достаточная жесткость валов-вилки и предупреждается износ подшипника.

Предохранительные устройства 10 [50] с указанными преимуществами устройства 9 и с созданием дополнительного сопротивления при перемещении третьего трубчатого элемента и визуального наблюдения при соединении дополнительного вала-вилки с втулкой включения для передачи крутящего момента от вала отбора мощности к рабочим органам исполнительной машины.

Предохранительное устройство карданных валов 11 [51...54] с преимуществами 10, дополнительно с фиксацией второго трубчатого элемента с третьим трубчатым элементом для быстрого их соединения и снижения трудоемкость работ, исключением выступов на фланце и втором трубчатом элементе, которые могут быть причиной захвата работающих при выходе из строя устройства.

Устройство 12 [55...57] данного вида является дополнением к 11 и выполнено с дополнительной компенсацией длины карданной передачи, без перекоса подшипникового узла, с блокировкой фланца трактора и первого трубчатого элемента, перемещением защитного кожуха в горизонтальной и вертикальной плоскостях относительно соответственно фланцев трактора и исполнительной машины, что позволит исключить эксплуатацию агрегата при отсутствии на карданном вале фланца трактора и первого трубчатого элемента и поломки защитного кожуха.

Устройства 13 [70,71] выполнены с дополнительной компенсацией длины карданной передачи, без перекоса подшипникового узла, с блокировкой первого и третьего трубчатых элементов, перемещением защитного кожуха в горизонтальной и вертикальной плоскостях, исключением возможности забивания пазов во втором трубчатом элементе в процессе эксплуатации, обеспечением удобной и безопасной сборки и разборки конструкции, без использования специального устройства для одновременного нажатия пружинистых защелок, с исключением возможности попадания грязи в конструкцию и приведением к преждевременному износу и выходу из строя устройства.

Устройство 14 [72] выполнено с дополнительной компенсацией длины карданной передачи, без перекоса подшипникового узла, с блокировкой первого и второго трубчатых элементов, перемещением защитного кожуха в горизонтальной и вертикальной плоскостях, исключением возможности забивания пазов во втором трубчатом элементе в процессе эксплуатации, со значительно низким ходом включения и выключения и упрощением конструкции устройства.

Устройства, выполненные заодно с защитным кожухом по типу механизма включения – выключения и трудоемкости обслуживания выполняются с использованием шлицевой 6-13,15 [40,41,48...59,70,71] и электрической 14 [72] муфт: второе конструктивное решение из которых позволит значительно снизить ход включения и выключения устройства, упростить конструкцию.

Предложенная классификация предохранительных устройств позволяет отметить тенденцию совершенствования конструкций не только в плане повышения эксплуатационных свойств, надежности работы, но и улучшению защитных свойств. В этой связи повышение безопасности будет связано с выбором и расчетом параметров конструкций с улучшенными эксплуатационными свойствами, надежностью работы и повышенной эффективностью защиты работающих.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований следует отметить:

- несмотря на длительные научные и значительные опытно- конструкторские разработки проблема обеспечения безопасности операторов сельскохозяйственной техники остается актуальной;

- в используемых в АПК России пресс-подборщиках и подборщиках-копнителях по травматическим ситуациям наиболее повторяющиеся ситуации, приводившие к летальному травмированию карданными валами: захваты вращающимися деталями – 67,11%, захваты движущимися деталями – 18,67%, наезд на пешехода или исполнителя работ – 3,56%, прочие захваты и удары – 2,22%;

- используемые в сельском хозяйстве России картофелеуборочные комбайны отечественного и зарубежного производства остаются объектами повышенной опасности. 56,4 % летальных травм от общего количества таких травм при эксплуатации картофелеуборочных комбайнов были следствием неисправности машин, а среди последних причин 40,35 % травм связаны с неисправностью ограждений карданных валов;

- основными причинами травмирования карданными валами – неисправность, снятие и монтаж ограждений карданных валов при устранении технических и технологических отказов;

- применение существующих технических средств защиты от карданных валов в виде защитных кожухов не дает ощутимого результата из-за низкой эффективности применения, к концу пятого года эксплуатации на сельскохозяйственной технике их остается только около 30 % . Существующие конструкции предохранительных устройств карданных валов не нашли применения в серийном производстве из-за низких надежности, эксплуатационных свойств и эффективности защиты. Кроме того, в настоящее время отсутствуют методики оценки защитных свойств устройств от захвата карданными валами, учитыва-

ющих специфику производства, проводимого сельскохозяйственными агрегатами.

- для управления безопасностью труда получены экспериментальные экспоненциальные зависимости вероятности травмирования операторов от вероятности устранения технологических отказов  $P_T = f(P_o)$  при различных значениях ширины незащищенной зоны  $B'$  карданного вала, позволяющие оценить существующие средства защиты и рекомендуемые предохранительные устройства карданных валов.

- анализ существующих и разработанных конструкций предохранительных устройств, их классификация позволили рекомендовать устройство с повышенными эксплуатационными свойствами, надежностью работы, долговечность которых составляет 2350 ч, ширина незащищенной зоны карданного вала при выключенном ВОМ составляет 56 мм, при включенном ВОМ – 40 мм.

- оценка эффективности защиты работающих в зонах карданных валов произведена на основе сравнения числовых характеристик процесса  $P_T(t)$ . При использовании рекомендуемого предохранительного устройства карданного вала математическое ожидание уменьшится в 1,86 раза, среднеквадратическое отклонение – в 2,33 раза, гарантированный от превышения уровень вероятности травмирования – в 2,33 раза.

- предложенная схема предохранительного устройства карданного вала реализована в виде опытного образца, который прошел производственную проверку, что подтверждает правильность предлагаемых методик расчета их параметров и позволяет рекомендовать эти конструкции для использования в сельскохозяйственном производстве России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Студенникова, Н.С. Дорожно-транспортные происшествия – одна из основных причин преждевременной смертности работников АПК РФ [Текст]/Н.С.Студенникова//«Охрана труда, экология, пожарная безопасность, электробезопасность в агропромышленном производстве».- Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Концепция безопасности жизнедеятельности в агропромышленном комплексе», 26 - 28 мая 2009г.- с.66-71.
2. Гальянов, И.В. Основные направления научно-исследовательских работ по охране труда в АПК России [Текст]/ И.В.Гальянов//«Охрана труда, экология, пожарная безопасность, электробезопасность в агропромышленном производстве».- Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Концепция безопасности жизнедеятельности в агропромышленном комплексе», 26 - 28 мая 2009г.-с.21-23.
3. Reiling I. Ulykker i landbruket. – As, 1997. – 15 с. (Melding, 0804 – 676X; 1997, № 4.
4. Teoretyczne i aplikacyjne problemy inzynierli rol. – Warszawa, 1998. – Cz. 1. – S. 57- 64 – Пол.
5. Павликов В.П. Некоторые травматические ситуации при послеуборочной обработке картофеля // Вестник Охраны труда.- Орел: ВНИИОТСХ, 1991.- В.3-С.33-36.
6. Кийслер М. Картофелеуборочный комбайн – источник повышенной опасности // Охрана труда в АПК: Сб.науч.тр.-т.2-Вильнюс: Мокслас,1988.- С.84-86.
7. Белова Т.И. Проблемы охраны труда в Брянской области // Тез.докл. конф.молодых ученых и студентов ЛСХИ, март- апрель 1990г.-Л.-Пушкин, 1990.- С. 130-131.

8. Елисейкин В.А., Лумисте Е.Г., Белова Т.И. Производственный травматизм механизаторов. Проблемная лекция.-Белгородский СХИ.-Белгород, 1992.-27с.

9. Белова Т.И. Исследование и пути профилактики летального травматизма // Пути обеспечения безопасности технологий и средств электромеханизации в сельском хозяйстве: Сб.науч.тр. ЛСХИ.-Ленинград, 1990.-С.54-62.

10. Техническое обеспечение безопасности карданных валов картофелеуборочных машин / В.С.Шкрабак, В.А.Елисейкин, Т.И.Белова и др.-С.-Пб., 1995.-140с.-Деп.в НИИТЭИ агропром 05.07.95 № 140 ВС-95.

11. Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Лумисте Е.Г., Белова Т.И. Снижение травматизма механизаторов // Информ.листок № 44- 92, ЦНТИ.-Брянск, 1992. -4с.

12. Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Лумисте Е.Г., Белова Т.И. Снижение травматизма механизаторов // Информ.листок № 45 - 92, ЦНТИ.-Брянск, 1992.-4с.

13. Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Лумисте Е.Г., Белова Т.И. Предупреждение травматизма при эксплуатации карданных передач // Информ.листок № 46-92, ЦНТИ.-Брянск, 1992.-3с.

14. Белова Т.И. Повышение безопасности средств механизации минимизацией опасных ситуаций и совершенствованием противонаматывающих устройств карданных валов: Дисс...кан. техн. наук.-С.-Пб.-Пушкин, 1992.-160с.

15. Шкрабак В.С., Белова Т.И., Пыханова Е.В., Агапов И.Т. К вопросу повышения эксплуатационной безопасности картофелеуборочных машин // Проблемы охраны труда в АПК и пути их решения: Сб.науч.тр. СПГАУ.-С. Пб, 1999.-С. 172-185.

16. Лумисте Е.Г. , Степко В.С. Анализ производственного травматизма механизаторов на колесных тракторах с прицепными и навесными машинами // Ускорение научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе Брянской области: Тезисы докл. научно-практической конференции.- Брянск, 1988.-С.134-135.

17. Власов А.Ф. Предупреждение производственного травматизма.-М.: Профиздат, 1973.-176с.
18. Степко В.С., Лумисте Е.Г.. Результаты исследования производственного травматизма механизаторов // Обеспечение безопасности труда в агропромышленном производстве: Тез. докл.межвуз.конф.24-26 мая 1989г. Ч.-Каунас: Академия, 1989.-С.24-27.
19. Шкрабак В.С., Белова Т.И., Ампилогов С.Б., Бакунович Г.В. Моделирование травмоопасных ситуаций при эксплуатации картофелеуборочных агрегатов // Пути снижения травматизма в агропромышленном производстве России: Сб.науч. тр. СПГАУ. -С. Пб, 1998. -С. 81-89.
20. Белова Т.И., Елисейкин В.А. Исследование условий труда при эксплуатации картофелеуборочного агрегата// Теоретические и практические аспекты охраны труда в АПК: Сб.науч.тр. ВНИИОТСХ.-Орел, 1996.-С.124-127.
21. Белова Т.И., Куликов А.Я., Степко В.С., Голубев В.П. Опасные и вредные производственные факторы при уборке картофеля // Проблемы безопасности в АПК в условиях многоукладной экономики: Сб.науч. тр. СПГАУ. -С. Пб, 1995.-С. 73-77.
22. Белова Т.И., Степко Р.В. Анализ условий труда при уборке картофеля // Достижения науки и передовой опыт в производство: Сб.науч. тр. БСХИ.-Брянск, 1995.-С.70-71.
23. Студенникова Н., Баранов Ю., Тюриков Б. Травматизм со смертельным и тяжелым исходом в животноводстве АПК России.- Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве.-№6, 2007.-С. 41-44.
- 24.Студенникова Н., Лапин А., Орлов В. Травматизм со смертельным и тяжелым исходом в крестьянских (фермерских) хозяйствах, его причины и предупреждение.- Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве.-№4, 2009.-С. 41-44.
25. ГОСТ 13758-89. Валы карданные сельскохозяйственных машин. Технические условия.

26. ГОСТ 24665-81. Валы карданные с защитным кожухом. Методы испытаний.

27. Прыгунов М.И., Пыталев А.Б. Исследование и пути совершенствования защитных ограждений сельскохозяйственной техники // Охрана труда в АПК: Сб.науч. тр.-Т.2.-Вильнюс: Мокслас,1988.-С.135-138.

28. Олянич Ю.Д., Пыталев А.В. Защитный кожух карданного вала // Вестник Охраны труда.- Орел: ВНИИОТСХ, 1992.-В.4-С.7-10.

29. Пыталев А.В., Прыгунов М.И. Эффективность использования в процессе эксплуатации защитных кожухов карданных валов // Безопасность с.-х. техники: Сб.науч.тр. ВНИИОТСХ.-Орел, 1985.-С.23-27.

30. Олянич Ю.Д. Снижение риска травмирования механизаторов путем совершенствования техники и технологий: Дисс...д-ра техн. наук.-С.-Пб.- Пушкин, 1998.-460с.

31. Флик Э.Н. Технические решения по повышению надежности карданных передач для сельхозмашин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1991, № 2.-С.7-9.

32. Интернет-ресурс

33. Родичев В.А. и др. Тракторы и автомобили.- Агропромиздат, 1986.- С.270-276.

34. Патент 2122952 РФ. Система управления приводом заднего вала отбора мощности с планетарным редуктором самоходного энергетического средства / Олянич Ю.Д., Пыталев А. В., Пантюхин А.В.

35. Шкрабак В.С., Казлаускас Г.К. Охрана труда .- М.: Агропромиздат, 1989.-480с.

36. А.с. № 635351 СССР. Предохранительное устройство для карданного вала / В.С.Шкрабак , И.Т.Агапов, А.С.Шкрабак.

37. Шкрабак В.С., Агапов И.Т., Шкрабак А.С. Противонаматывающее устройство карданного вала в системе машинно-тракторных агрегатов // Охрана труда на сельскохозяйственных предприятиях Ленинградской области: Сб.науч. тр. ЛСХИ.-Ленинград-Пушкин,1978.-С.11-14.

38. А.с. № 1073528 СССР. Предохранительное устройство для карданного вала / В.С. Шкрабак, В.С.Плотников, А.С. Шкрабак.

39. Курбатов М.П., Елисейкин В.А. и др. Предохранительное устройство для карданного вала // Информ. листок N 88-91, ЦНТИ.-Красноярск, 1991.-2с.

40. А.с. № 1493846 СССР. Предохранительное устройство карданного вала / И.Т. Агапов.

41. Агапов И.Т. К разработке противонаматывающих устройств карданного вала машинно-тракторных агрегатов // Проблемы охраны труда в сельском хозяйстве Нечерноземной зоны РСФСР: Сб.науч.тр. ЛСХИ.-Ленинград, 1982.-С.52-54.

42. Лурье А.Б. Основные направления теоретических и экспериментальных изысканий в области автоматизации, электронизации и управления технологическими и энергетическими процессами сельскохозяйственных агрегатов // Контроль и управление технологическими процессами сельскохозяйственных машин: Сб. науч.тр. ЛСХИ.-Ленинград, 1988.-С.4-10.

43. Патент РФ № 2036368. Предохранительное устройство для карданного вала / Шкрабак В.С., Белов С.М., Шкрабак В.В., Белова Т.И.-Бюл.№ 15.-27.05.95.

44. Шкрабак В.С., Белова Т.И. и др. Исследование, разработка и внедрение комплекса мероприятий по обеспечению безопасности и улучшению условий труда работников сельского хозяйства Северо-Запада НЗ РСФСР: Отчет о НИР/ЛСХИ.-№ ГР 01.86.0081954.-Л., 1990.-65с.

45. Белова Т.И. Снижение травмоопасности операторов средств механизации.-Инф.л. № 55-93.-Брянск: ЦНТИ, 1993.-4с.

46. Патент РФ № 1767279. Предохранительное устройство для карданного вала / Шкрабак В.С., Белов С.М., Белова Т.И.-Бюл.№ 24.-30.12.94.

47. Белова Т.И. Повышение безопасности труда операторов сельскохозяйственной техники.-Инф.л. № 56-93.-Брянск: ЦНТИ, 1993.-4с.

48. Патент РФ № 2025637. Предохранительное устройство карданного вала / Шкрабак В.С., Белов С.М., Белова Т.И.-Бюл.№ 37.-07.10.92.

49. Белова Т.И. Защитный кожух карданного вала машинно-тракторного агрегата.-Инф.л. № 57-93.-Брянск: ЦНТИ, 1993.-4с.

50. Патент РФ № 2094694. Предохранительное устройство карданного вала / Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Белова Т.И., Безрученко О.Н., Поклонский С.Н., Храмченко О.П.-Бюл.№ 24.-30.12.94.

51. Патент РФ № 2139466. Предохранительное устройство карданного вала / Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Белова Т.И., Степко В.С., Степко Р.В., Чепелев В.И.-Бюл.№ 28.-10.10.99.

52. Белова Т.И., Классификация и конструкция защит карданных валов // Проблемы безопасности в АПК в условиях многоукладной экономики: Сб.науч. тр. СПГАУ. -С. Пб, 1995.-С. 120-124.

53. Белова Т.И. Совершенствование конструкций предохранительных устройств карданных валов // Теоретические и практические аспекты охраны труда в АПК: Сб.науч.тр. ВНИИОТСХ.- Орел, 1996.-С.76-81.

54. Белова Т.И., Степко В.С., Степко Р.В. Защитное ограждение карданного вала МТА// Достижения науки и передовой опыт в производство: Сб.науч. тр. БСХИ.- Брянск, 1995.-С.68-69.

55. Патент РФ № 2170385. Предохранительное устройство карданного вала / Шкрабак В.С., Белова Т.И., Степко В.С., Степко Р.В., Пыханова Е.В.- 10 июля 2001 г., бюл.19.

56. Белова Т.И., Степко В.С., Чепелев В.И. Повышение безопасности труда операторов сельскохозяйственной техники в зонах карданных валов // Состояние и научные проблемы риска травматизма и профессиональной заболеваемости работников АПК России: Сб.науч.тр. ВНИИОТСХ.- Орел, 1988. -С.98-103.

57. Елисейкин В.А., Белова Т.И., Степко В.С., Чепелев В.И., Степко Р.В. Повышение эксплуатационной безопасности средств механизации совершенствованием защитных конструкций карданных передач // Травматизм и пожары в АПК и пути их снижения: Сб.науч. тр. СПГАУ.-С. Пб, 1997.-С. 172 -179.

58. Белова Т.И. Предохранительное устройство карданного вала.- Инф. л. № 356-91.-Брянск: ЦНТИ, 1991.-4с.
59. Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Дапкунас И.В., Белова Т.И. Защитный кожух карданного вала.- Инф.л. № 43-92.-Красноярск: ЦНТИ, 1992.-4с.
60. Проников А.С. Надежность машин. М.:Машиностроение,1978.-592с.
61. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.-М.: Машиностроение, 1982.-Т.2,3.
62. Крагельский И.В. и др. Основы расчета на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н.Добычин, В.С.Комбалов.-М.:Машиностроение, 1977.-526с.
63. Крагельский И.В. Триботехника. Современное состояние и перспективы.-"Надежность и контроль качества", 1975.-№ 8.- С.3-9.
64. Крагельский И.В. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х кн. -М.:Машиностроение, 1978.
65. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник.-М.:Машиностроение, 1983.-543с.
66. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник,6-изд.-М.:Машиностроение, 1975.-574с.
67. Шкрабак В.С., Белова Т.И., Елисейкин В.А., Леонтьев В.П. Оценка долговечности предохранительных устройств карданных валов // Современные проблемы безопасности в АПК и пути их решения: Сб.науч. тр. СПГАУ. -С. Пб, 1994. -С. 84-87.
68. Чернин И.М. и др. Расчеты деталей машин / И.М.Чернин, А.В.Кузьмин, Г.М.Ицкович. 2- изд.перераб.и доп.-Мн.-Высш. школа, 1978.-472с.
69. Шкрабак В.С., Елисейкин В.А., Белова Т.И. и др. Статистическая оценка эффективности защиты работающих в опасных зонах карданных валов // Пути повышения безопасности в агропромышленном производстве: Сб.науч.тр. СПГАУ.-С.Пб., 1993.-С.25-32.
70. Патент РФ № 2247894. Предохранительное устройство карданного вала / Шкрабак В.С., Белова Т.И., Степко В.С., Степко Р.В., Пыханова Е.В.- 10 марта 2005 г., бюл.№7.

71. Белова Т.И., Шкрабак Р.В. Профилактика несчастных случаев предотвращением травмирования карданными валами. - Тракторы и сельскохозяйственные машины.-№6, 2008.-С.43-44.

72. Патент РФ № 2281208. Предохранительное устройство карданного вала / Белова Т.И., Степко В.С., Степко Р.В., Коликова И.И., Титкина Т.В.- 10 августа 2005 г., бюл.22.

73. Белова Т.И., Степко В.С. Повышение надежности защиты операторов сельскохозяйственной техники // Проблемы повышения качества машин: Тез.докл.международ. науч. техн.конф. БИТМа.-Брянск, 1994.-С.171-172.

74. Белова Т.И., Степко В.С. Повышение эффективности защиты работающих в зонах карданных валов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: Матер.науч.практ.конф. БГСХА.-Брянск, 1997.-С.60-62.

75. Белова Т.И., Степко В.С., Калинин С.А. Технические средства безопасности.-Тез. науч.метод.конф. ЯрСХИ.-Ярославль, 1994.-С.170-171.

76. Белова Т.И., Букин С.В. Классификация предохранительных устройств карданных валов.- Проблемы энергетики, природопользования, экологии, материалы международной научно-технической конференции БГСХА, 2007г.-С.133-137.

77. Белова Т.И. Классификация предохранительных устройств карданных валов // Достижения науки и передовой опыт в производство: Сб.науч.тр. БСХИ.-Брянск, 1995.-С.69-70.

Монография

БЕЛОВА Т.И., ЛАПИН А. П., СУХОВ С. С.,  
БЕЛОВ А.С., БУКИН С. В.

**ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МАШИН  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**