

УДК 631.3.072.31

МЕТОДИКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К НАВЕСНОМУ
УСТРОЙСТВУ ТРАКТОРА ПРИ ЕГО АГРЕГАТИРОВАНИИ
С ЛЕСНЫМИ ДИСКОВЫМИ ОРУДИЯМИ

В. В. Посметьев, В. И. Посметьев, М. А. Латышева
(г. Воронеж ООО «Доступная робототехника»)

Известным существенным и трудно устранимым недостатком лесных дисковых орудий является недостаточная заглубляющая способность их рабочих органов в условиях функционирования лесных почвообрабатывающих агрегатов на нераскорчеванных вырубках. Основной причиной недостаточной заглубляемости дисковых рабочих органов является неудовлетворительная работа стандартных навесных устройств, с помощью которых орудия навешиваются на серийные тракторы. Кроме этого используемые в настоящее время навесные системы тракторов не обеспечивают удовлетворительное копирование обрабатываемой поверхности дисковыми орудиями, а также не способствуют снижению нагрузок на рабочие органы при преодолении ими многочисленных препятствий на вырубках [1, 2, 3].

Анализ результатов многочисленных исследований по указанной проблеме позволяет выделить из возможных способов наиболее рациональный – разработка приспособления к стандартным навесным устройствам тракторов. Такое приспособление с помощью автосцепки устанавливается между навесным устройством трактора и навешиваемым дисковым орудием и позволяет регулировать глубину обработки почвы дисковых рабочих органов без традиционного использования грузов и с рабочего места тракториста [4, 5].

Выполненные многочисленные исследования по тематике обозначенной проблемы свидетельствуют, что ее решение возможно лишь на основе учета всей совокупности многочисленных факторов, которые важно учитывать при разработке методики теоретического обоснования перспективной конструкции приспособления. Разрабатываемая методика должна учитывать следующие основные взаимосвязанные и противоречивые факторы, влияющие на заглубляе-

мость сферических дисковых рабочих органов: эффективность средств защиты, устанавливаемых на дисковые орудия; кинематические и конструктивные параметры стандартных навесных устройств тракторов; инерционность работы навесных устройств; способность навесных устройств обеспечивать рабочим органам копирование обрабатываемой поверхности и снижение на них нагрузок при преодолении препятствий на вырубках. Последовательно рассмотрим основные из перечисленных факторов и их влияние на разрабатываемую методику теоретического обоснования конструкции приспособления к навесному устройству трактора при его агрегатировании с лесными дисковыми орудиями.

Все многообразие средств защиты почвообрабатывающих орудий от перегрузок можно выразить иерархической структурой, в которой, в зависимости от способа защиты и его эффективности, выделяются амортизаторы и предохранительные механизмы (ПМ) рабочих органов (рис. 1). И те и другие, в свою очередь, подразделяются на групповые, индивидуально-групповые и индивидуальные

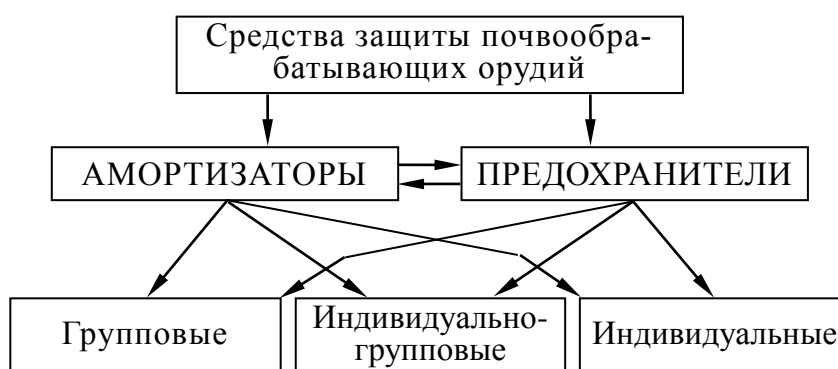


Рисунок 1 – Иерархическая структура средств защиты почвообрабатывающих орудий от перегрузок

ные. При этом под амортизаторами понимают механизмы с упругими элементами или звеньями, которые в состоянии лишь частично защитить рабочие органы или орудие в целом от перегрузок при встрече последних с препятствиями.

Из рассматриваемых средств защиты амортизаторы являются наиболее простыми по конструкции и дешевыми в производстве. Однако их применение оправдано лишь на орудиях, предназначенных для работы на подготовленных (старопахотных) сельскохозяйственных и лесных объектах, свободных от пре-

пятствий (сельхозугодья, лесные школы, питомники и т. п.). В отдельных случаях, с целью снижения динамических нагрузок на рабочие органы орудий, особенно орудий для каменистых почв, они могут использоваться в сочетании с полноценными ПМ.

Преимущественное развитие и применение для защиты от перегрузок почвообрабатывающих орудий нашли ПМ. По способу защиты рабочих органов от перегрузок они делятся на групповые, индивидуально-групповые и индивидуальные [6, 7].

Групповые ПМ работают по принципу выглубления всего орудия при встрече с препятствием одного из рабочих органов, жестко закрепленных на раме. Примером такого ПМ может служить силовой способ автоматического регулирования навесного орудия, когда увеличение тягового сопротивления соответственно влечет за собой выглубление орудия при помощи гидросистемы трактора, или наличие упругого элемента в верхней тяге механизма навески.

Индивидуально-групповые ПМ работают по принципу выглубления рабочего органа при встрече с препятствием за счет кратковременного увеличения поступательной скорости орудия и, соответственно, увеличения нагрузки на остальные заглубленные рабочие органы. После обхода препятствия рабочий орган возвращается в рабочее положение через соответствующие механизмы связи орудия за счет тягового сопротивления заглубленных рабочих органов. Отличительной особенностью этой группы ПМ является отсутствие в их кинематической схеме аккумулятора.

Индивидуальные ПМ работают по принципу выглубления рабочего органа при встрече его с препятствием и аккумуляции в упругом элементе ПМ энергии, затрачиваемой агрегируемым трактором на выглубление и подъем рабочего органа. Возвращение рабочих органов в исходное положение после прохода препятствия осуществляется за счет передачи им через механизм предохранителя той же энергии, которая была накоплена в упругом элементе при выглублении рабочих органов. При этом в упругом элементе ПМ обычно предусматривают такой минимальный запас энергии, величина которой гарантирует надежное удержание рабочих органов в заглубленном положении до



Рисунок 2 – Классификация амортизаторов почвообрабатывающих орудий

встречи с препятствием. Передача энергии аккумулятору при срабатывании ПМ осуществляется механическим, гидравлическим, пневматическим или комбинированным способами.

В отличие от полноценного ПМ, отклонение стойки (грядиля) у орудия оснащенного амортизатором, ограничено незначительной величиной (15 ... 20⁰), которая соответствует выглублению рабочих органов всего лишь на 5 ... 10 см от дна борозды. По этой причине преодоление пней, камней, крупных корней осуществляется в этом случае либо остановкой трактора и принудительного выглубления орудия, либо путем протаскивания всего орудия через препятствие. В последнем случае преодоление препятствий массивными ЛПО сопряжено, как

правило, с повышенным риском поломки орудия. В то же время совершенные конструкции амортизаторов обладают способностью эффективно снижать динамические нагрузки на орудие. По этой причине амортизаторы наиболее рационально применять на ЛПО в сочетании с полноценными ПМ [8].

Амортизаторы почвообрабатывающих орудий классифицируются (рис. 2): по способу защиты рабочих органов, по направлению отклонения рабочих органов при их встрече с препятствиями, по месту установки амортизатора и типу его упругого элемента.

Вследствие низкой эффективности амортизаторов как самостоятельного средства защиты ЛПО от перегрузок, рассмотрение этих устройств ограничим лишь пружинными амортизаторами (ПА), устанавливаемых на серийных орудиях. Большинство ЛПО оснащены ПА вертикального и горизонтального действия, а также амортизаторами, сочетающими оба указанных типа. ПА рабочих органов вертикального действия установлены на лесных дисковых плуге ПЛД-1,2, покровосдирателе ПДН-1/2 и др. ЛПО.

Серийные культиваторы КЛБ-1,7 также оснащены ПА вертикального действия. Однако длительная эксплуатация этого орудия выявила низкую его эффективность на вырубках [9]. Для повышения надежности и качества работы

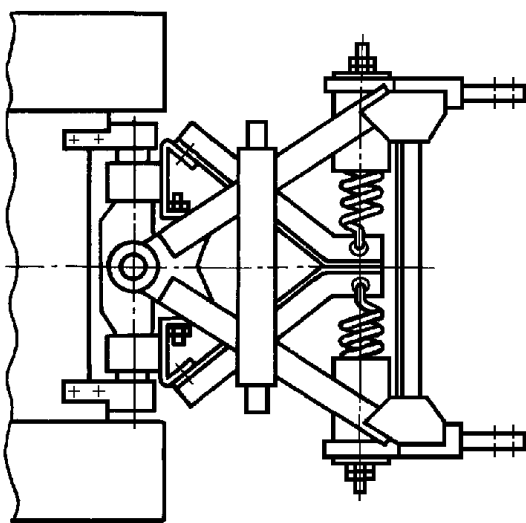


Рисунок 3 – Амортизационное устройство к навеске трактора НЗ-2А

культиватора КЛБ-1,7 на вырубках, он дополнительно укомплектовывается амортизационным устройством к навеске трактора НЗ-2А (а. с. № 165342) [10]. Устройство устанавливается между навесным механизмом трактора и орудием (рис. 3). При встрече орудия с препятствием и на поворотах нижняя рама навески вместе с навешенным орудием удерживается от резкого отклонения в сторону натяжением одной из пружин амортизационного устройства. После прохода препятствия или при установлении прямолинейного движения трак-

тора пружина возвращает орудие в прежнее осевое положение. При этом амортизационное устройство ограничивает угол поворота нижней рамки навески лишь до 15° .

В сочетании с ПА, амортизационное устройство к навеске НЗ-2А заметно повышает проходимость и маневренность серийных дисковых культиваторов на вырубках. Однако результаты многочисленных обследований по эксплуатации ЛПО в лесхозах, выполненных автором, свидетельствуют о редком (не более чем 10 % обследуемых культиваторов) использовании амортизационного устройства. Основными причинами этого являются: необязательность поставки устройства заводом-изготовителем; дополнительные затраты на приобретение; несовместимость с навесными механизмами большинства тракторов, используемых в лесном хозяйстве; дополнительные трудозатраты по установке и обслуживанию этого устройства.

Таким образом, не являясь полноценными ПМ, простые и дешевые в изготовлении ПА, не решая проблемы в целом, тем не менее обеспечивают частичную защиту ЛПО от поломок на подготовленных лесных объектах с небольшим количеством невысоких препятствий.

В настоящее время в специальной технической литературе все еще отсутствует достаточно полная и устоявшаяся классификация ПМ ЛПО по группам и типам с учетом их назначения, устройства и принципа работы. Имеющиеся классификации для ПМ СПО были разработаны в ВИСХОМ более двадцати лет назад и не отражают в полной мере современное состояние науки и техники по данному вопросу [11, 12]. К тому же в отмеченных классификациях не получили отражение особенности конструкции и эксплуатации ЛПО и их ПМ. В этой связи, с учетом многолетнего опыта накопленного учеными ВГЛТА, автором были разработаны более совершенные классификации ПМ, в значительной степени лишенные отмеченных недостатков [13]. Эти классификации представлены в виде общей классификации (рис. 4) и классификаций полуавтоматических (рис. 5) и автоматических (рис. 6) ПМ почвообрабатывающих орудий.

По функциональным возможностям ПМ можно разделить на две основные группы - полуавтоматические (одностороннего) и автоматические (двухстороннего действия). Причем под первыми понимаются ПМ, обеспечивающие автоматическое выглубление рабочих органов при перегрузках, но не возвращающих их в исходное положение без участия человека после снятия нагрузки. У автоматических ПМ возвращение рабочих органов происходит соответственно автоматически. Как следует из общей классификации ПМ, эти механизмы существенно различаются как по принципу действия, так и устройству конструкции.



Рисунок 4 – Общая классификация предохранителей почвообрабатывающих орудий

Полуавтоматические ПМ классифицируются (рис. 5) по способу защиты рабочих органов, по направлению отклонения рабочих органов и по типу конструкции фиксирующего механизма.



Рисунок 5 – Классификация полуавтоматических предохранителей

По способу защиты рабочих органов ПМ делятся на групповые, "выключающие" из работы все рабочие органы (машину в целом) при встрече с препятствием одного из них, и индивидуальные, "выключающие" из работы лишь один рабочий орган – тот, который встретился с препятствием. Групповые ПМ используют на орудиях с небольшим числом рабочих органов, когда возросшее сопротивление на одном из них заметно влияет на тяговое сопротивление всего орудия.

По направлению отклонения рабочих органов при преодолении ими препятствий эти ПМ подразделяются на вертикального действия, когда рабочие органы обходят препятствие сверху в вертикальной плоскости, и, на горизонтального действия – соответственно обходящие препятствия сбоку в горизонтальной плоскости.

По способности механизма самостоятельно возвращаться в исходное по-

ложение, полуавтоматические ПМ подразделяются на неавтоматические и автоматические.

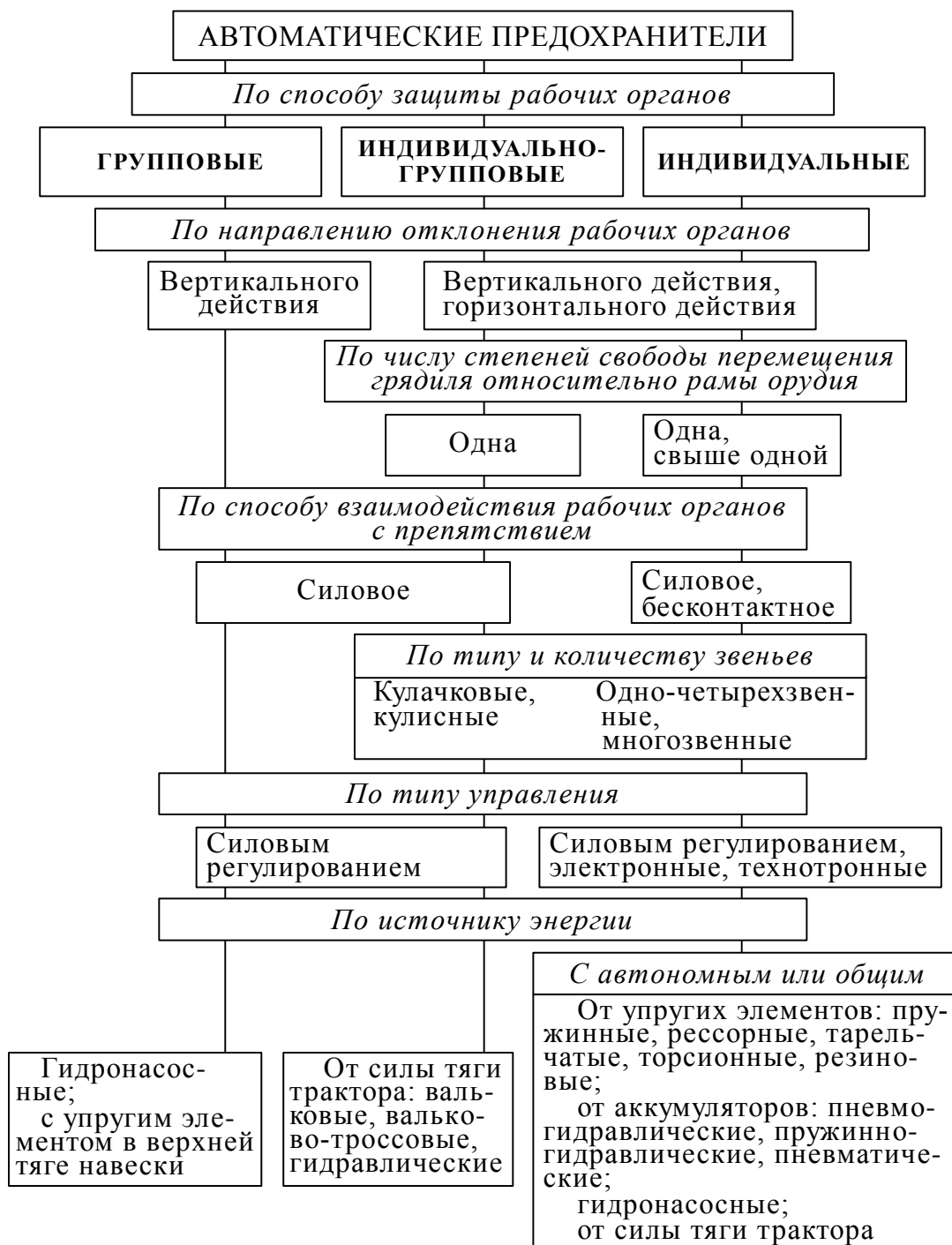


Рисунок 6 – Классификация автоматических предохранителей

По типу фиксирующего механизма как групповые, так и индивидуальные

ПМ могут быть фрикционно-штифтовыми, штифтовыми и пружинными. Реже используются гидравлические фиксаторы с перепускными или предохранительными клапанами. В полуавтоматических индивидуальных ПМ кроме указанных типов применяются также фиксирующие механизмы: фрикционные – дисковые, ленточные, колодочные; с фиксаторами – шариковые, роликовые, кулачковые; с сцеплением – фрикционные, кулачковые, зубчатые, шариковые.

Автоматические ПМ являются наиболее эффективным средством защиты орудий от перегрузок, что и определило их широкое применение как на СПО, так и на ЛПО. Этот тип ПМ классифицируется (рис. 6) по способу защиты на групповые, индивидуально-групповые и индивидуальные, а по направлению отклонения рабочих органов – на вертикального, горизонтального и комбинированного действия. Индивидуально-групповые и индивидуальные ПМ по степени свободы перемещения грядилля относительно рамы орудия подразделяются на одностепенные и многостепенные.

По способу взаимодействия рабочих органов с препятствием автоматические групповые и индивидуально-групповые ПМ могут иметь силовой контакт, а индивидуальные ПМ, кроме этого могут обеспечивать и бесконтактное преодоление рабочими органами препятствий.

По типу и количеству звеньев механизма индивидуально-групповые и индивидуальные ПМ подразделяются на рычажные, кулачковые, кулисные, одно-четырёхзвенные и многозвенные.

По типу управления групповые и индивидуально-групповые автоматические ПМ могут быть с силовым регулированием, а индивидуальные ПМ кроме этого могут управляться электронными системами (электронные) и с применением ЭВМ (технотронные) – адаптирующие работу ПМ к разнообразным и противоречивым условиям эксплуатации ЛПО и СПО на лесных и сельскохозяйственных объектах.

По источнику энергии групповые автоматические ПМ могут работать от гидросистемы трактора (гидронасосные) или от упругого элемента в верхней тяге навески. Индивидуально-групповые автоматические ПМ в качестве источника энергии для своей работы используют силу тяги трактора. Такие ПМ подразделяются на вальковые, вальково-тросовые и гидравлические.

Индивидуальные автоматические ПМ могут быть с автономным или общим аккумулятором. При этом в качестве аккумуляторов энергии в индивидуальных ПМ используют упругие элементы: пружины, рессоры, тарельчатые упругие шайбы, торсионы, резиновые ленты или шайбы; аккумуляторы: пневмогидравлические, пружинно-гидравлические, пневматические, гидравлические, гидронасосные (от гидросистемы агрегируемого трактора).

Анализ результатов изучения состояния проблемы позволил разработать лесотехнические требования к ПМ ЛПО [9, 6]. В общем случае перспективные конструкции ПМ, обеспечивающие эффективную работу ЛПО, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) Обеспечивать устойчивый ход рабочих органов на заданной глубине обработки с учетом высокой твердости и неоднородности лесных почв и исключать ложные срабатывания ПМ.

2) Иметь простую и надежную регулировку начального усилия срабатывания ПМ.

3) Максимально снижать ударные нагрузки в моменты встречи с препятствием и исключать их при возврате рабочих органов в исходное положение.

4) Для снижения динамических нагрузок на орудие и агрегируемый трактор в моменты встречи рабочих органов с препятствиями инерционность срабатывания ПМ должна быть минимальной.

5) Обеспечивать при наезде на препятствие плавный подъем рабочих органов на высоту не менее 50 см от дна борозды, независимо от каждого одиночного или соединенных в группу рабочих органов.

6) Учитывая, что большинство ЛПО являются навесными "безопорными", их ПМ должны иметь силовую характеристику, обеспечивающую минимальные вертикальные и горизонтальные перемещения рамы орудия при преодолении рабочими органами препятствий.

7) Не допускать значительного увеличения тягового сопротивления орудия и усилий на рабочих органах при преодолении последними препятствий.

8) Основные детали и узлы ПМ должны быть унифицированными, легко-съемными, взаимозаменяемыми или блочно-модульного исполнения.

9) Конструкция ПМ должна быть компактной, технологичной в изготов-

лении, безопасной, ремонтпригодной, доступной и простой в эксплуатации, а также хорошо компоноваться на орудии, обеспечивая последнему необходимые технологические регулировки.

Большое число конструкций ПМ для почвообрабатывающих орудий, предлагаемых в отечественных и зарубежных патентах, изобретениях, проспектах и в других литературных источниках, затрудняет их идентификацию, анализ и поиск новых технических решений. В этой связи формализация, идентификация, анализ и синтез новых конструкций механизмов является весьма актуальной задачей, так как ее решение с помощью компьютерных технологий позволяет существенно ускорить и повысить качество при разработке надежных и высокопроизводительных ЛПО [14].

Наиболее перспективным способом решения указанной задачи является использование математических методов теории графов, выражение структурных схем механизмов через матрицы с последующими компьютерным анализом, поиском новых и сравнение их с уже известными структурными схемами [15, 16, 17]. Здесь в общем случае под структурной схемой понимается обобщенная схема исследуемого объекта (механизм, машина, комплекс и т. п.), состоящая из кинематической схемы собственно объекта и схем систем, обеспечивающих его работоспособность, которые являются, как правило, самостоятельными изделиями. При отсутствии вспомогательных систем у простых механизмов их кинематические и структурные схемы совпадают.

Однако указанный способ не получил еще достаточно глубокой проработки и не учитывает в полной мере особенности элементов конструкции, их совершенство, взаимосвязь и влияние на эффективность механизмов и машин.

Более точен, объективен и удобен для практического использования углубленный метод формализации с компьютерными идентификацией, анализом известных и синтезом новых конструкций ПМ (рис. 7). Его основное отличие от известных заключается во введении в графы и матрицы дополнительной информации о количественных и качественных параметрах элементов структурных схем исследуемого объекта. При этом наиболее важным и трудоемким процессом при реализации метода является первый этап - создание банка данных по исследуемому объекту. Особенность этапа заключалась в необходимости

сти сбора и обработки большого объема исходной информации, ее качественных экспертизы и анализа, составлении каталога кодов элементов машин, классификации и ранжировании объектов исследования по основным параметрам функционирования и степени сложности конструкции.

Для построения графов и матриц был разработан каталог кодов элементов, узлов и их соединений, типичных для машиностроения, а также оригинальных и наиболее часто применяемых в структурных схемах лесных машин. Примеры кодирования элементов структурных схем, заимствованные из этого каталога, представлены в таблице 1. При этом буква кода означает типы соединения звеньев, элементов кинематики, гидро-, электро- и пневмопривода, автоматики и др. систем, передачи, сцеплений, узлов и агрегатов машин и т. п. Цифрой кода условно обозначен порядковый номер указанных соединений, элементов и узлов.

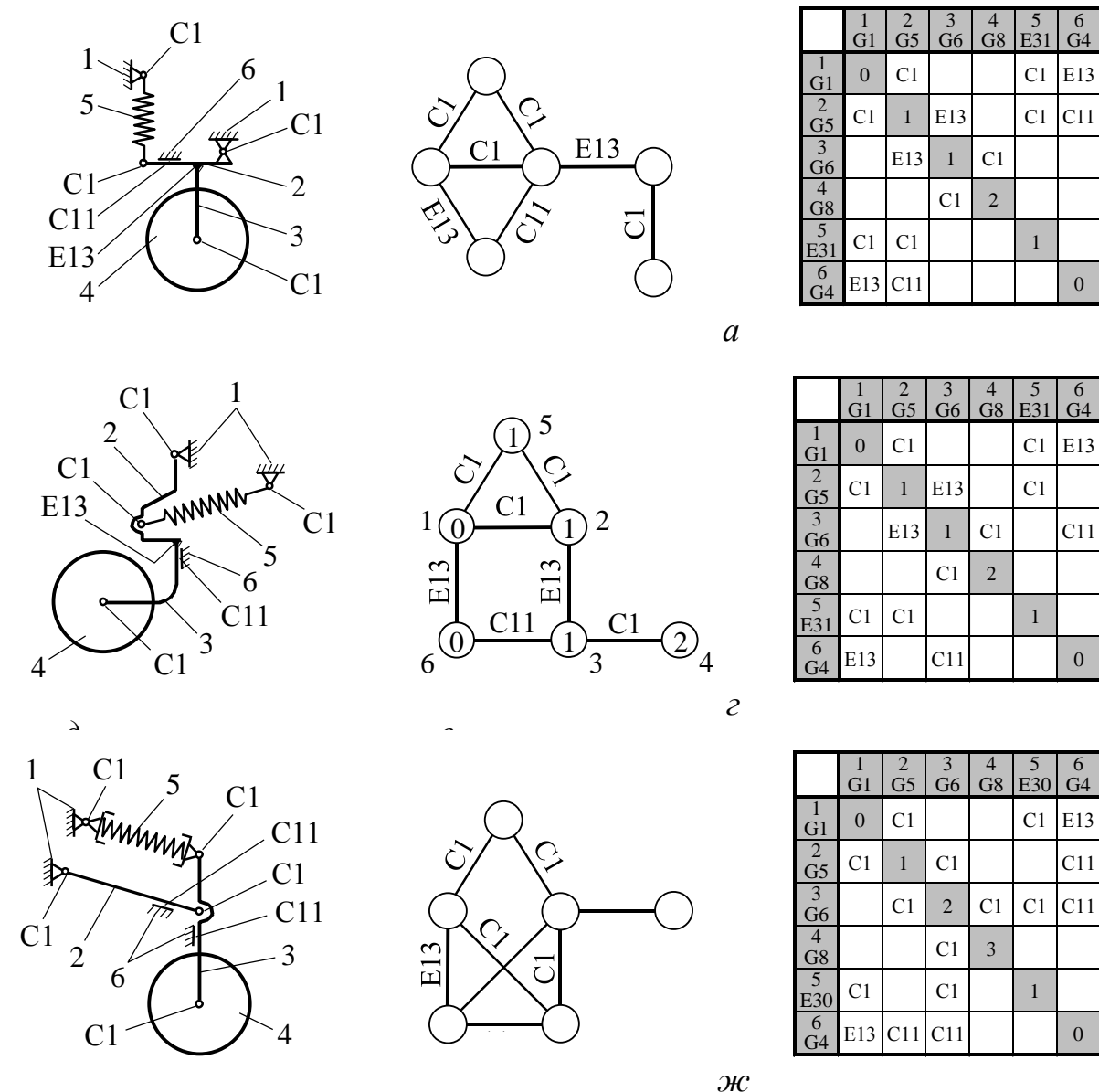
В качестве примера, демонстрирующего возможности предлагаемого метода, рассмотрим несколько различных конструкций ПМ для ЛПО – простейших пружинных (рис. 8.) [9], а также более сложного – пружинно-гидравлического (рис. 9), разработанного автором с помощью рассматриваемого метода [18]. Для каждого из указанных ПМ представлены соответственно структурная схема, граф и матрица механизма. При этом цифрами около кружков при вершинах графов обозначены порядковые номера элементов схемы, внутри кружков – степень свободы перемещения данного элемента относительно неподвижного звена механизма, а плечами – кинематические пары и связи.

Таблица 1 – Примеры кодирования элементов структурных схем предохранителей почвообрабатывающих орудий

Наименование	Обозначение	Код	Наименование	Обозначение	Код
Кинематические пары:			Муфта, общее обозначение		M1
вращательная		C1	Тормоз, общее обозначение		M18
цилиндрическая		C2	Привод механической энергии		P2
Трубопровод		A1 (B1)	Механизмы с защелкой		X2
Муфта быстросъемная с обратным клапаном		A10 (B10)	Рама		G1
Ползун		E6	Грядиль		G5
Пружина цилиндрическая сжатия		E30	Рабочие органы:		
Клапан обратный		H9	общее обозначение		G7
Цилиндр поршневой		H21	дисковый		G8
Передача зубчатая сектором		K20	лемешный		G9
			стрельчатый		G10

Тип соединительных линий плечей графов указывает на принадлежность элементов либо звеньям собственно механизма – сплошные линии, либо его системам – пунктирные линии (рис. 9, б).

Порядок построения матрицы (рис. 8, в, 8, е, 8, и, 9, в) следующий. По вертикали и горизонтали в заштрихованных строках и столбцах матрицы приводятся порядковые номера элементов схемы (в числителе) и их закодированное обозначение (в знаменателе). На пересечении строк и столбцов указываются кинематические пары или тип связи между этими элементами. При этом на пересечении одноименных строк и столбцов (заштрихованная диагональ матрицы) для каждого элемента проставляется степень свободы его перемещения относительно базового неподвижного звена или узла (обычно рамы орудия). Таким образом получаем квадратную симметричную матрицу, содержащую все

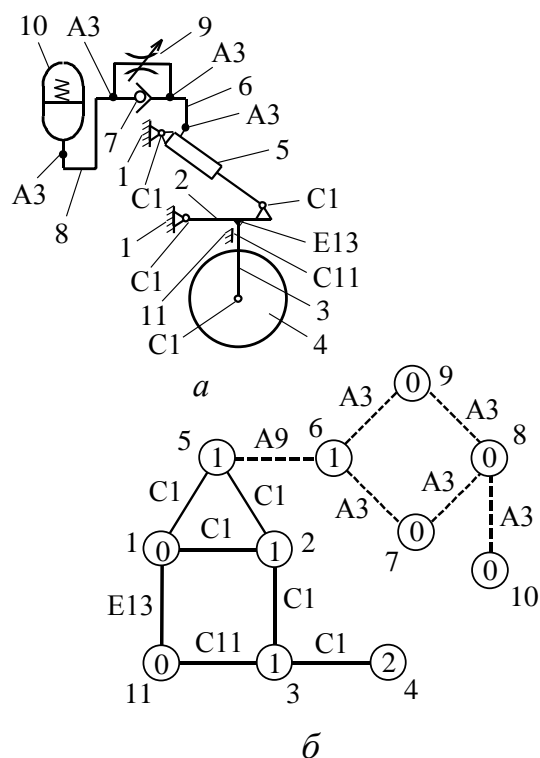


1 – рама; 2 – грядиль; 3 – стойка; 4 – рабочий орган; 5 – пружина; 6 – упор

Рисунок 8 – Кинематические схемы (а, г, ж), графы (б, д, з) и матрицы (в, е, и) пружинных предохранителей соответственно культиватора КЛБ-1,7 и орудий по а.с. № 1419541 и по патенту США № 3981367

основные сведения по звеньям и характеру их соединения между собой для конкретного ПМ.

Анализ рассматриваемых структурных схем ПМ (рис. 8 и 9) со всей очевидностью свидетельствует о существенных различиях их механизмов. Так, даже несмотря на одинаковое количество звеньев (шесть) в механизмах простейших пружинных ПМ (рис. 8, а, рис. 8, г и рис. 8, ж), кинематические схе-



	1 G1	2 G5	3 G6	4 G8	5 H21	6 A1	7 H9	8 A1	9 H10	10 H8	11 G4
1 G1	0	C1			C1						E13
2 G5	C1	1	E13		C1						
3 G6		E13	1	C1							C11
4 G8			C1	2							
5 H21	C1	C1			1	A9					
6 A1					A9	0	A3		A3		
7 H9						A3	0	A3			
8 A1							A3	0	A3	A3	
9 H10						A3		A3	0		
10 H8								A3		0	
11 G4	E13		C11								0

1 – рама; 2 – опорная плита; 3 – стойка; 4 – рабочий орган; 5 – гидроцилиндр; 6 и 8 – соединительные трубопроводы; 7 – обратный клапан; 9 – дроссель; 10 – пружинно-гидравлический аккумулятор; 11 – упор

Рисунок 9 – Кинематическая схема (а), граф (б) и матрица (в) пружинно-гидравлического предохранителя по авторскому свидетельству № 793437

мы, конфигурация графов и содержание их матриц существенно отличаются друг от друга. Последнее свидетельствует также и о различии рабочих характеристик и эффективности этих механизмов, что было подтверждено соответствующими теоретическими и экспериментальными исследованиями [19].

Сформированный таким образом банк данных из более чем ста отечественных и зарубежных патентов и авторских свидетельств на изобретения, а также разработанная классификация ПМ СПО и ЛПО, позволяют легко и быстро идентифицировать такие устройства с целью определения возможного и целесообразного их использования. При этом разработанная на языке "Turbo Pascal" (версия 7,0) [20] программа для работы с банком данных (приложение 2) обеспечивает пользователю по его желанию представление исчерпывающей информации по ПМ в удобной для него форме (таблиц, структурных схем, графов, матриц и др.).

Достоинством метода является также его полная совместимость с

"Теорией решения изобретательских задач" (ТРИЗ) [21], где он особенно эффективно может использоваться в программе "Изобретающая машина" при генерировании и экспертизе нетривиальных технических решений.

Таким образом, предлагаемый метод позволяет потенциальному потребителю даже со средним уровнем подготовки иметь оперативный доступ, а также вполне квалифицированно и эффективно использовать результаты НИР и НИОКР. Этот метод значительно ускоряет и облегчает идентификацию и патентный поиск при разработке новых конструкций как ПМ, так и ЛПО в целом. В частности, сравнительный компьютерный анализ граф и матриц известных структурных схем и предлагаемой позволяет достаточно объективно оценить новизну последней. Кроме этого, рассмотренный метод дает возможность получать новые структурные схемы патентоспособных конструкций лесных машин путем комбинации различных вариантов соединений вершин и плечей графов структурных схем большого числа механизмов, находящихся в банке данных.

Библиографический список

1 Посметьев, В. И. Методологические основы повышения эффективности почвообрабатывающих орудий с помощью предохранителей [Текст] : монография / В. И. Посметьев. – Воронеж : ВГЛТА, 1999. – 196 с.

2 Посметьев, В. И. Состояние и пути повышения эффективности почвообрабатывающих агрегатов при лесовосстановлении на вырубках [Текст] : монография / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов. – Воронеж, 2015. – 236 с.

3 Посметьев, В. И. Повышение эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов на основе реализации перспективных научно-технических решений [Текст] : монография / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, В. В. Посметьев. – Воронеж, 2015. – 270 с.

4 Посметьев, В. И. Обоснование выбора схемы устройства к навес-

ному механизму трактора при его агрегатировании с дисковыми орудиями [Электронный ресурс] / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, М. А. Латышева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 94 (10). С. 385-394.

5 Zelikov, V. A. Substantiation Based on Simulation Modeling of Hitch for Tillage Tools Parameters [Электронный ресурс] / V. A. Zelikov, V. I. Posmetiev, M. A. Latysheva // World Applied Sciences Journal. – 2014. – Vol. 30 № 4. – P. 486-492.

6 Посметьев, В. И. Обоснование перспективных конструкций предохранителей для рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий [Текст] : монография / В. И. Посметьев. – Воронеж : ВГЛТА, 2000. – 248 с.

7 Посметьев, В. И. Основные направления повышения эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов [Текст] / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, А. И. Третьяков, В. В. Посметьев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (36). – С. 70-79.

8 Попиков, П. И. Применение гидропривода в лесохозяйственных машинах [Текст] / П. И. Попиков // Научно-технические проблемы в развитии ресурсосберегающих технологий и оборудования лесного комплекса : Материалы МНПК : – Воронеж, 1998. – С. 217-218.

9 Нартов, П. С. Предохранительные устройства рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий [Текст] / П. С. Нартов, В. И. Посметьев. – М. : Гослесхоз, ЦБНТИ, 1980. – 28 с.

10 Справочник механизатора лесного хозяйства [Текст] / М. П. Албяков, Е. М. Желтов, Г. П. Ильин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-ность, 1977. – 296 с.

11 Захаров И. К. Применение и тенденции развития автоматических предохранителей плугов : Обзорная информация [Текст] / И. К. Захаров, Г. Н. Чирков, Л. Х. Ким. – М. : ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1977. – 49 с.

12 Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] : учебник для вузов / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.

13 Посметьев, В. И. Современная классификация предохранителей рабочих органов почвообрабатывающих орудий [Текст] / Природопользование : ресурсы, техническое обеспечение // Отв. редактор Ф. В. Пошарников. Воронеж : Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2000. – С. 58-61.

14 Посметьев, В. И. Формализация, идентификация, анализ и синтез структурных схем лесных машин [Текст] // Вестн. Научно-техн. журнал Центр. – Черноземн. региональн. отдел. наук о лесе ВГЛТА. Воронеж : РИО ВГЛТА. – 1998, выпуск №1. – С. 255-260.

15 Савельев, А. Г. Формализация и идентификация структурных схем дорожно-строительных машин [Текст] // Строительные и дорожные машины. – 1997. – №6. – С. 12.

16 Chew, M. Kinematic Structural Synthesis of Mechanisms Using Knowledge-Based Systems [Текст] / M. Chew, S. N. T. Shen, G. F. Issa // ASME. Journal of Mechanical Design, March. – 1995. V. 117. – P. 96-103.

17 Neamen, D. A. Electronic Circuit Analysis and Design, Richard Dlrwin [Текст] / D. A. Neamen – 1996. – 184 p.

18 Посметьев, В. И. Компьютерный анализ эффективности новых предохранителей лесных почвообрабатывающих орудий [Текст] / В. И. Посметьев, В. В. Посметьев // Сб. науч. тр. / под ред. проф. В. С. Петровского. – Воронеж, 1998. – С. 202-206.

19 Бартенев, И. М. Об эффективности предохранителей лесных почвообрабатывающих орудий [Текст] / И. М. Бартенев, В. И. Посметьев // Лесное хозяйство. – 1997. – № 3. – С. 44-46.

20 Патент на изобретение РФ 2106773, МКИ⁶ А 01 В 61/04. Предохранительное устройство почвообрабатывающего орудия [Текст] / В. И.

Посметьев ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Воронеж. гос. лесотехн. акад. – № 96113890/13 ; заявл. 27.06.96 ; опубл. 20.03.98 Бюл. № 8.

21 Альтшуллер, Г. С. Алгоритмы изобретения [Текст] / Г. С. Альтшуллер. – М. : Моск. рабочий, 1973. – 296 с.