

Повторное увеличение скорости извлечения метана обусловлено более поздней биодоступностью трудноферментируемого сырья, которым является рапсовая солома.

### **Заключение**

1. Рапсовая солома в смеси с навозом КРС может быть использована в качестве субстрата для выработки биогаза, но для реализации максимального энергетического потенциала её содержание в смеси не должно превышать 40% по ОСВ.

2. Удельный выход метана при ферментации смесей, содержащих рапсовую солому яровой формы вегетации, был выше, чем для смесей, содержащих озимую форму вегетации.

3. Разница в удельном выходе метана для рапсовой соломы различных форм вегетации увеличивается при увеличении содержания в смеси навоза КРС, то есть при снижении органической нагрузки на единицу объема системы.

4. Кривая скорости извлечения метана имеет два значительных пика – на 9–10-е сутки, и на 22–29-е сутки ферментирования, что объясняется более поздней биодоступностью трудноферментируемого сырья, которым является рапсовая солома.

### **Список использованных источников**

1. Дубровский, В. С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В. С. Дубровский, У. Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с.

2. Биогазовые установки. Практическое пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas\\_plants\\_Practics.pdf](http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf). – Дата доступа: 01.03.2019.

3. Солома на удобрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agro.gomel.by/docs/soloma>. – Дата доступа: 01.03.2019.

УДК 631.626.1/311.51

Поступила в редакцию 09.07.2019

Received 09.07.2019

**А. Н. Юрин, С. П. Кострома, И. Е. Мажугин**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: anton-jurin@rambler.ru*

### **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАНАЛОКОПАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ**

Анализ существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов. Даны предложения по наиболее эффективным способам строительства каналов.

*Ключевые слова:* откосы мелиоративного канала, каналокопатель, рабочий орган.

**A. N. Jurin, S. P. Kostroma, I. E. Mazhuhin**

*RUE «SPC of NAS of Belarus for mechanization of agriculture»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: labmkr@yandex.ru*

### **ANALYSIS OF EXISTING CONSTRUCTIONS OF THE WORKING BODIES OF CHANNEL DIGGERS FOR THE CREATION OF CUT OF DRAINAGE CHANNELS**

Analysis of existing structures of the working bodies of the channel diggers for the creation of cut of drainage channels. Offers on the most effective ways of channels forming.

*Keywords:* side of drainage channel, channel digger, working body

### **Введение**

Современное сельскохозяйственное производство требует постоянного проведения мелиоративных мероприятий, таких как производство культуртехнических работ, строительство мелиоративных систем, сооружение водохозяйственных объектов. Выполнение этих работ связано

с большими затратами труда, материальных и денежных средств. Надлежащую отдачу от сделанных вложений можно получить только при рациональной эксплуатации мелиорированных земель, мелиоративных и водохозяйственных систем и сооружений.

Общая площадь мелиорированных земель в республике составляет 3,4 млн. гектаров, из них 2,9 млн. гектаров занимают сельскохозяйственные земли, в том числе пахотные – 1,4 млн. гектаров и луговые – 1,5 млн. гектаров.

Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель, используется сложный комплекс гидротехнических и других сооружений (158,1 тыс. километров каналов и водоприемников, 977,5 тыс. километров закрытой дренажной сети, 3,2 тыс. мостов, 2,2 тыс. шлюзов-регуляторов, 24,2 тыс. труб-регуляторов, 54,6 тыс. труб-переездов, 499 насосных станций, 4,8 тыс. километров защитных и ограждающих дамб, 17,7 тыс. километров эксплуатационных дорог, 1074 пруда и водохранилища).

По состоянию на 1 января 2016 г. нуждаются в реконструкции мелиоративные системы на площади 356,6 тыс. гектаров, в том числе в Брестской области – 95,3 тыс. гектаров, Витебской – 63 тыс., Гомельской – 54,1 тыс., Гродненской – 37,2 тыс., Минской – 61,8 тыс. и Могилевской области – 45,2 тыс. гектаров. Преимущественно это мелиоративные системы, построенные в 50–70-е годы XX века, отработавшие нормативные сроки эксплуатации и физически изношенные.

Типичным и важнейшим элементом мелиоративных систем являются различного назначения каналы и водоприемники как наиболее дешевый способ осушения переувлажненных земель. Каналы могут также выполнять функции элементов противопаводковых систем, применяющихся для борьбы с затоплением земель.

Способ строительства канала, вид назначаемых машин зависят, помимо прочего, от его назначения, профиля (трапециевидный, параболический), размеров.

В настоящее время в республике чаще всего строительство каналов производится однокосовыми экскаваторами с различной формой ковшей, при этом не соблюдаются профили канала, что приводит к необходимости дополнительных работ по планировке дна и откосов канала, выравниванию кавальеров на бермах канала.

Мировая практика показывает, что высокую производительность и хорошее качество работы имеют двухфрезерные каналокопатели непрерывного действия, предназначенные для прокладки мелиоративных каналов.

### Основная часть

Каналокопатели классифицируются:

По типу рабочего органа в зависимости от способа реализации мощности двигателя; пассивные или плужные, предназначенные для рытья каналов с поперечным сечением менее 2,0 м<sup>2</sup> и глубиной до 1,5 м.

активные (фрезерные с инерционной разгрузкой, роторные с гравитационной разгрузкой и т.п.), предназначенные для рытья каналов с сечением более 1,5 м<sup>2</sup>.

Принципиальное отличие фрезерных каналокопателей от плужных заключается в том, что грунт вырезается не сплошным пластом, а путем отрезания стружки грунта небольшой толщины вращающимся рабочим органом (фрезой) без деформации естественного грунта на откосах каналов.

Плужно-фрезерные каналокопатели предназначены для нарезки оросительных каналов трапециевидного сечения глубиной до 1 м с односторонним расположением кавальеров в грунтах I и II категорий с каменистыми включениями диаметром до 80 мм. В настоящее время ООО ТД «Сельмаш» (Россия) выпускает плужно-фрезерные рабочие органы каналокопателей МК-23 на базе трактора ДТ-75БВ и МК-22 на базе колесного трактора К-701.

Конструктивная схема плужно-фрезерного каналокопателя МК-23 показана на рис. 1.

Рабочее оборудование включает в себя раму 4, фрезу 9 и плуг 8. Подъем и опускание фрезы осуществляются гидроцилиндром 10 навесной системы 1 трактора. Положение рабочего оборудования по отношению к горизонту регулируется гидроцилиндром 2. Ротор приводится от вала отбора мощности с помощью карданного вала 8, конического редуктора 6 и планетарной пере-

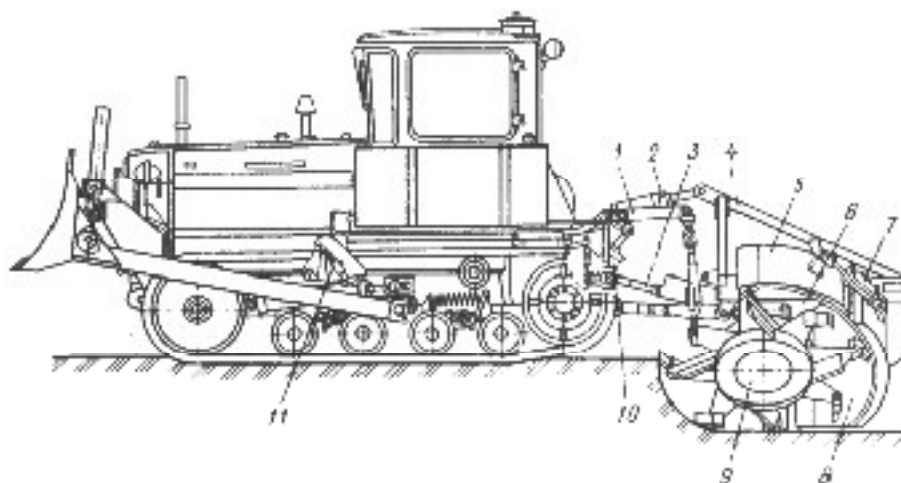


Рис. 1. – Схема плужно-фрезерного каналокопателя МК-23

дачи, размещенной внутри ротора. Над ротором расположены отбойные щитки 5, управляемые гидроцилиндром 7.

Шнекороторные экскаваторы предназначены для прокладки в зонах орошения каналов или траншей с откосами в грунтах I...III категорий с каменистыми включениями, размеры которых не превышают 300 мм.

Рабочее оборудование состоит из центрально расположенного ротора двух наклонных шнеков, двух отвальных конвейеров и зачистного устройства. Ротор прорезает первоначальную траншею по оси канала, а наклонные шнеки, оснащенные режущими элементами, разрабатывают грунт вдоль откосов и смещают его вниз к ротору. Весь разработанный грунт ротор поднимает ковшами вверх и сыплет на конвейеры, которые выносят его в отвалы.

Рабочее оборудование шнекороторных экскаваторов имеет значительные массу и габариты, поэтому выполняется полуприцепным или прицепным. В конструкциях систем навески рабочих органов предусмотрена возможность изменения ширины по дну и коэффициентов заложения откосов каналов.

Экскаватор ЭТР-206А выполнен на базе тягача, состоящего из агрегатов трактора Т-130 и унифицированного с тягачом роторных траншейных экскаваторов ЭТР-204А, ЭТР-223А, ЭТР-

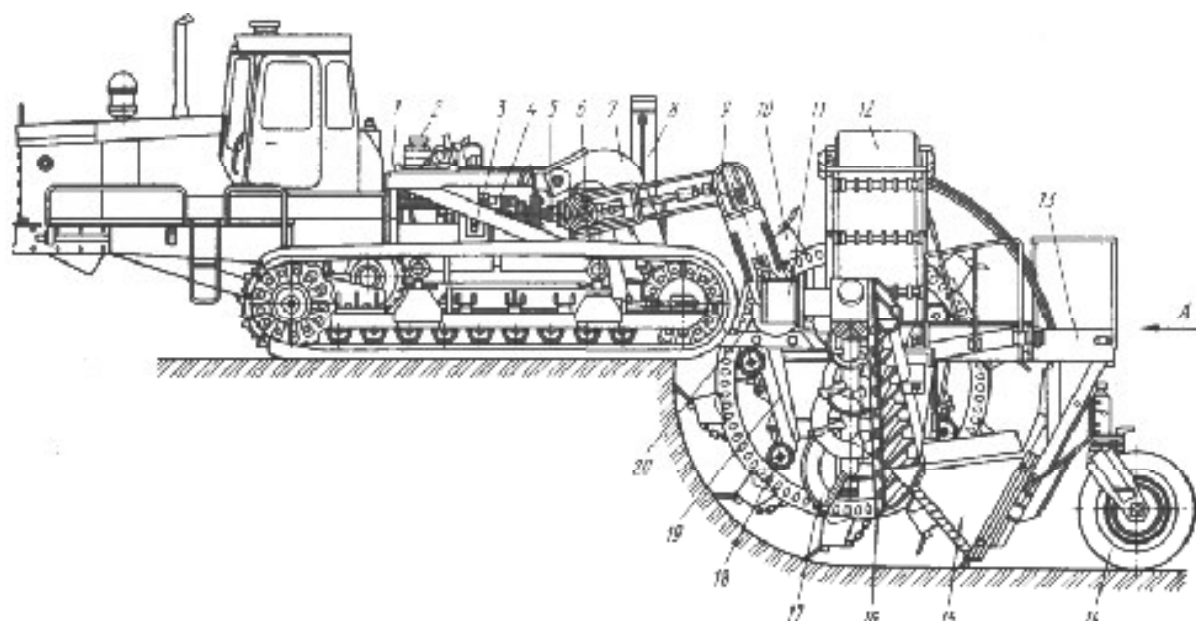


Рис. 2. – Конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-206А

224А [1,2]. Силовая установка тягача, коробка передач, задний мост и кабина вынесены вперед относительно гусеничного хода. Гусеничный ход, удлиненный, по сравнению с тракторным, на четыре опорных катка, имеет увеличенную ширину башмаков.

На рис. 2 представлена конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-206А. Рабочее оборудование передней частью через поворотную раму опирается на тягач, а задней – на двоякую пневмоколенную опору. Оно включает в себя раму 19, ротор 10, шнеки 17, отвальные конвейеры 12, зачистные устройства 15 и 16, раму задней опоры. На экскаваторе применен механический привод рабочего оборудования и транспортного передвижения и гидравлический привод рабочего передвижения и конвейеров.

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-172 (рис. 3) [1, 2] – самоходная машина, предназначенная для устройства за один проход осушительных каналов глубиной до 1,7 м с заложением откосов 1:1. Основными сборочными единицами являются самоходное шасси 1, рабочий орган 4, рама навески 5, гидравлическая система 2, вспомогательное оборудование и механизмы управления.

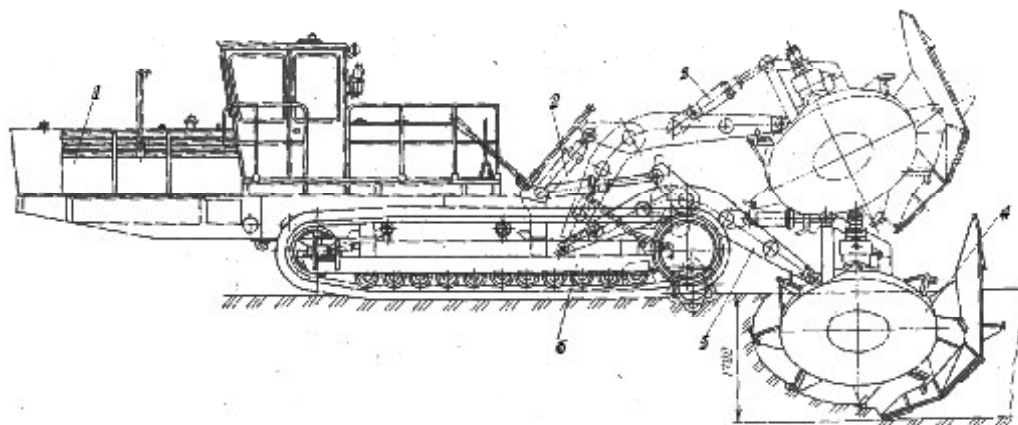


Рис. 3. – Конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-172

В каналокопатель ЭТР-172 применен объемный гидропривод всех механизмов, включая механизмы рабочего и транспортного перемещения машины. В передней части специального базового шасси, вынесенной вперед для уравнивания рабочего органа, расположена силовая станция 1, включающая двигатель ЯМЗ-238Г, раздаточный редуктор и насосную станцию. Гусеничный движитель 6 машины многоопорный, жесткого типа.

Насосной станцией обеспечивается гидравлический привод всех агрегатов и механизмов силовой передачи каналокопателя.

Рабочий орган 4 каналокопателя представляет собой двухотвальный зачистной нож с двумя фрезами диаметром 3000 мм. Фрезы расположены под углом 45° к горизонту и предназначены для резания грунта, выноса и разбрасывания его по обе стороны от прокладываемого канала.

Навешивается рабочий орган на самоходное шасси с помощью навесной системы, предназначенной для установки рабочего органа в рабочее и транспортное положение и для регулировки глубины канала. Она состоит из рамы навески 5 и гидравлического механизма (гидроцилиндров подъема 2 и разворота 3 рабочего органа).

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-125А (рис. 4) предназначен для устройства за один проход осушительных каналов глубиной до 1,4 м с заложением откосов 1:1 в торфяных грунтах с наличием погребенной, разложившейся древесины при переустройстве осушительных систем. На вновь осушаемых торфяных грунтах каналокопатель может применяться при условии их предварительной подсушки и при промерзании до 15 см в зимних условиях. В минеральных грунтах первой категории: каналокопатель может работать при наличии камней размером не более 80 мм.

Экскаватор-каналокопатель навешивается на трактор Т-130МБГ-3, оборудованный гидросистемой и механизмом задней навески, в котором верхняя тяга заменена гидроцилиндром.

Навесное оборудование каналокопателя включает в себя рабочий орган, трансмиссию (привод), раму, ходоуменьшитель, гидросистему, фиксирующее устройство, механизмы управления и уширитель гусениц.

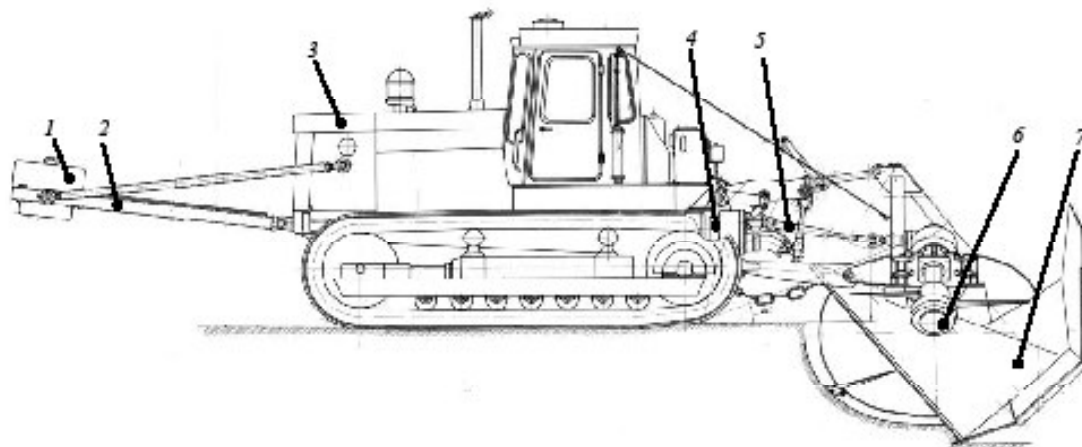


Рис. 4. – Конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-125А (вид сбоку)

Для обрушения грунта, расположенного между фрезами, применяются клиновые отвалы (двухотвальные клинья). Клиновый отвал, поставленный между фрезами, делит грунтовую призму на две части.

Рабочий орган состоит из двухотвального: клина симметрично расположенных по его бокам под углом  $45^\circ$  к горизонту двух дисковых фрез. Фрезы получают вращение от вала отбора мощности трактора через трансмиссию, состоящую из промежуточного вала ходоуменьшителя, карданной передачи, раздаточной коробки, муфт, конических редукторов и планетарных редукторов. Все основные сборочные единицы рабочего органа в трансмиссии крепятся к раме, являющейся главным несущим элементом.

Двухотвальный клин сварной конструкции из листовой стали предназначен для разделения на две равные части грунта, вырезаемого фрезами, и для обрушения этого грунта на фрезы. Кроме этого, клин своим нижним носком разрабатывает грунт на глубину 150 мм ниже фрез и служит зачистным кожухом, предохраняющим открытый канал от попадания в него грунта.

Фрезы предназначены для вырезания щелей в грунте и для разбрасывания обрушенного или вырезанного грунта за пределы канала, а также для перерезания пней и древесины находящихся в грунте. Фрезы представляют собой диски диаметром 2500 мм, имеющие по шесть лопаток с наружной и внутренней сторон.

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-153 (рис. 5) предназначен для строительства осушительных каналов глубиной 1,5 м в предварительно подсушенных торфяных грунтах с наличием погребенной разложившейся древесины и в зимних условиях при промерзании их до 10 см.

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-153 навешивается на болотоходный трактор и по конструкции аналогичен экскаватору-каналокопателю ЭТР-125А. Отличие состоит в том, что две фрезы



Рис. 5. – Экскаватор-каналокопатель ЭТР-153

его наклонены под углом  $52^\circ$  к горизонту и развернуты в плане на  $14^\circ$  к оси разрабатываемого канала для получения параболического профиля поперечного сечения канала.

Итальянская фирма «Cosmeco» выпускает двухфрезерный каналокопатель, который состоит из навесных фрез, и зачистного ножа (рис. 6) [3].



Рис. 6. – Двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm (Италия)

Фреза представляет собой сварную конструкцию в форме диска и оснащена режущими элементами. Навеска фрез на трактор осуществляется посредством стрелы, которая шарнирно соединена с рамой трактора.

Сменные ножи в зачистном устройстве обеспечивают получение трапециадальной формы дна канала с глубиной до 2 м. Двухфрезерные каналокопатели благодаря высокой скорости резания (скорость вращения фрезы 80 м/с), хорошо работают в торфяных грунтах, в том числе, содержащих захороненную древесину. Потребляемая мощность 105 кВт. Конструктивная масса двухфрезерного каналокопателя составляет 1450 кг.

На рис. 6 изображен двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm во время строительства осушительного канала.

Итальянской фирмой Dondi выпускается двухфрезерный каналокопатель (B558-PA) предназначенный для нарезки каналов трапециадального сечения глубиной до 1 м с односторонним



Рис. 7. – Двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm во время строительства осушительного канала

расположением кавальеров в грунтах 1 и 2 категорий с каменистыми включениями диаметром до 80 мм (рис. 7).

Рабочий орган каналокопателя комбинированный; включает в себя фрезу с рыхлителем, которая прорезает опережающую щель и выбрасывает грунт на левую по ходу машины берму канала, и плуг, который прорезает противоположный откос канала и подает грунт на фрезу. Сочетание плуга и фрезы обеспечивает низкую энергоёмкость экскаватора. Однако из-за повышенных тяговых сопротивлений и недостаточно организованных обрушений разрабатываемого грунта на фрезу этот вид рабочего оборудования можно применять лишь на экскаваторах малых типоразмеров (рис. 8).

На основании проведенного анализа существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов, можно сделать вывод, что наибольшим преимуществом обладает фрезерный орган, который позволяет за счет специфических форм ножей направленно отбрасывать выкопанный грунт на бермы канала без дальнейшего его разравнивания. В свою очередь двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm (Италия) имеет наименьшую конструктивную массу и наименьшую потребляемую мощность в сравнении с аналогами.

Однако представленные конструкции двухфрезерных каналокопателей не лишены существенных недостатков, которые необходимо устранить путём усовершенствования и обоснования параметров режущего аппарата с целью повышения эффективности его работы.

### Заключение

Каналокопатели с активными рабочими органами имеют следующие преимущества перед плужными:

удельное сопротивление срезаемой стружки зависит только от ее толщины и свойств грунта, но не от размеров сечения канала;

после отрывки канала не возникает необходимости производить планировку откосов и дна канала;

не требуется больших тяговых усилий, что создает лучшие условия для проходимости базовой машины;

обеспечивается хорошее качество каналов с чистыми откосами и дном.

На основании проведенного анализа существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов, можно сделать вывод, что наибольшим преимуществом обладает фрезерный орган, который позволяет за счет специфических форм ножей направленно отбрасывать выкопанный грунт на бермы канала без дальнейшего его разравнивания. В свою очередь двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm (Италия) имеет наименьшую конструктивную массу и наименьшую потребляемую мощность в сравнении с аналогами.

Однако представленные конструкции двухфрезерных каналокопателей не лишены существенных недостатков, которые необходимо устранить путём усовершенствования и обоснования параметров режущего аппарата с целью повышения эффективности его работы.

### Список использованных источников

1. Строительные машины: Справочник: В 2 т. Т. 1: Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / А. В. Раннев, В. Ф. Карелин, А. В. Жаворонков и др.; Под ред. Э. Н. Кузина. – М.: Машиностроение, 1991. – 496 с.



Рис. 8. – Двухфрезерный каналокопатель «Dondi» (B558-PA)

2. Суриков В. В. и др. Роторные экскаваторы для сельскохозяйственных мелиораций / В. В. Суриков, Б. Г. Фарберман, В. М. Юрчук; Под ред. В. В. Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 343 с.

3. Фирма «Cosmeco» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cosmeco.it/prodotti/scavafossi-biruota/scavafossi-biruota-big-storm>. - Дата доступа: 20.11.2018.

УДК 631.11

Поступила в редакцию 01.10.2019

Received 01.10.2019

**В. В. Голдыбан**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: labpotato@mail.ru*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ**

Статья посвящена описанию экспериментальных установок, разработанных в последние годы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», для исследования тягового усилия, трения и износа рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, вскрытия и объяснения основных явления, происходящих при механическом воздействии рабочих органов на почву.

*Ключевые слова:* почва, земледельческая механика, трение, тяговое усилие, экспериментальная установка, электроосмос.

**V. V. Goldyban**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: labpotato@mail.ru*

## **EXPERIMENTAL INSTALLATIONS FOR RESEARCH ON AGRICULTURAL MECHANICS**

The article is devoted to the description of experimental installations developed in recent years in the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization”, for studying traction, friction and wear of working bodies of tillage machines and implements, opening and explaining the main phenomena that occur during mechanical the impact of working bodies on the soil.

*Keywords:* soil, agricultural mechanics, friction, traction, experimental setup, electroosmosis.

### **Введение**

Разработке новых и совершенствованию существующих почвообрабатывающих машин и орудий предшествует экспериментальное изучение технологических процессов воздействия рабочих органов на почву.

Выбор метода воздействия на почву, как отмечает академик М. Е. Мацепуро, является творческой научной задачей, решение которой сопровождается широкими экспериментальными и опытными проверками. Изучение физической сущности технологических процессов позволяет качественно определить усилия, скорости, оптимальные формы и размеры рабочих органов, их материалы. Проведение опытов расширяет наши познания в исследуемых явлениях. Наблюдение новых явлений и их описанием помогает найти главное, выявить основные зависимости и законы. В результате создаётся соответствующая теория изучаемых процессов, обогащается новыми знаниями земледельческая механика.

### **Основная часть**

Для длительных испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью определения характера и степени их износа, энергетических и качественных показателей рабочего процесса воздействия на почву в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» изготовлена экспериментальная установка кругового действия (рис. 1 и рис. 2).