

Ветохин В.И. **Модель крошения почвы под действием клина** / В.И. Ветохин // Тракторы и с.-х. машины. – 1994. - №10. - С.25-27.

В статье констатируется, что зона отделения пласта почвы от монолита имеет некоторую объемную протяженность. Размер этой зоны близок к максимальному размеру макроэлемента раскрошенного пласта, а внешний вид ее границ сравним с движением фронта волны деформаций. Увеличение степени крошения почвы после отделения пласта от монолита для связной почвы незначительно. Конечная степень крошения почвы чизельными рыхлителями достигает 80% и более.

Известно, что почва имеет различную прочность при растяжении сдвиге и сжатии. С учетом этого показано, что разрушение пласта наиболее вероятно сдвигом вблизи нейтральной оси его поперечного сечения (в зоне возникновения максимального касательного напряжения), где пласт делится на два менее прочно связанных слоя. В каждом из этих слоев, в тот же момент, происходит перераспределение напряжений и аналогичный сдвиг вблизи нейтральной оси вновь образовавшегося слоя. В результате действия закона парности касательных напряжений происходит сдвиг и поперек слоев.

Выводы. Проведенный анализ отражает вероятностный характер типа деформации почвы при крошении с преобладающим действием деформации сдвига и сдвига с растяжением.

Разработанные модели крошения почвы под действием клина позволяют объяснить наблюдаемое на практике крошение пласта по всей его толщине при высоте клина, значительно меньшей толщины пласта, а также сделать количественные и качественные выводы, согласующиеся с практикой.

Список литературы

Бабенков И.С., Иванов К.И., Хесин Г.Л. Исследование взаимодействия бурового инструмента и породы методом фотоупругости. - М.: Недра, 1970.
Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1977.
Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов: с краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений: Пер. с англ. - М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1957.
Тряпицин Д.А. Обоснование параметров чизельного рабочего органа с наклонной в поперечно-вертикальной плоскости стойкой // Исслед. и разработ. почвообработ. и посевных машин: Сб. научн. тр. ВИСХОМ. - М., 1988. –С.61-70.

Vetokhin V.I. Model of crumbling soil under the influence of the wedge / V.I. Vetokhin // Tractors and agricultural machine. - 1994. - N10. - pp. 25-27.

Модель крошения почвы под действием клина

Канд. техн. наук В.И. ВЕТОХИН (АО "ВИСХОМ")

Одна из целей почвообработки – разуплотнение пласта с достижением требуемой степени крошения. Для проектирования рыхлительных рабочих органов, осуществляющих этот процесс с минимальными энергозатратами, необходима модель крошения почвы. Изучение в полевых условиях процесса крошения почвы под действием рыхлительных рабочих органов, и в частности, чизельных глубокорыхлителей, показало следующее.

Зона отделения пласта от монолита почвы имеет некоторую объемную протяженность, т.е. не ограничивается поверхностью одной трещины. Размер этой зоны близок к конечному максимальному размеру макроэлементов пласта, а внешний вид ее границ при некоторых условиях сравним с движением фронта волны деформаций.

Основная фаза крошения почвы по времени и пространственной протяженности совпадает с периодом отделения пласта от монолита. Увеличение степени

крошения почвы после отделения пласта (т.е. после завершения основной фазы) для связной почвы незначительно. Конечная степень крошения чизельными рыхлителями достигает 80% и более.

Однако отмеченные закономерности не объясняются существующими моделями крошения почвы, что потребовало проведения теоретического анализа механики процесса.

Представим, что пласт почвы толщиной H отделяется от монолита клином, поставленным под углом крошения β (рис. 1, а, б). В простейшем виде пласт подобен балке, нагруженной равнодействующей R сил взаимодействия его с клином.

На первом этапе рассмотрим напряжения, возникающие в пласте от действия вертикальной составляющей Q силы R . В этом случае напряжения, распределенные по сечению пласта, должны уравнивать силу Q и изгибающий момент $M_x = Ql_x$, вызывающий нормальные напряжения δ_x . В результате их действия в пласте возникают также касательные напряжения $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ (рис. 1, в). Существование касательных напряжений в плоскостях, параллельных нейтральной оси O , можно показать экспериментально, изгибая балку, составленную из листов материала.

Анализ уравнения распределения касательных напряжений по высоте поперечного сечения показывает, что они изменяются по параболическому закону. Максимального значения касательное напряжение достигает при $y=0$, что подтверждается результатами экспериментов [1].

График распределения касательных и нормальных напряжений в поперечных сечениях по длине l_x условного пласта (рис. 2) показывает, что на длине $l_{кр} = H/4$ максимальные значения τ и σ уравниваются. Таким образом, для пласта, длина которого в несколько раз меньше высоты (что соответствует работе рыхлителей),

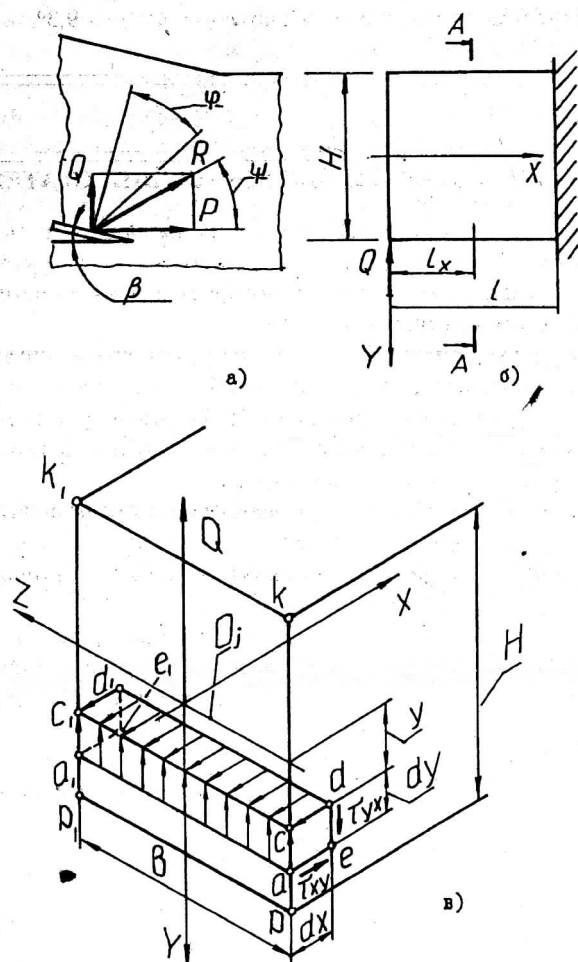


Рис. 1. Схемы: а – разложения равнодействующей силы R на составляющие, б – моделирования нагружения пласта вертикальной составляющей Q и в – действия касательных напряжений

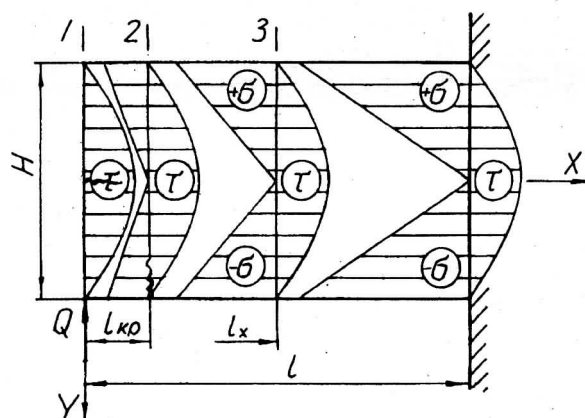


Рис. 2. Схема изменения вдоль пласта соотношения нормальных и касательных напряжений

при указанных условиях равновероятно разрушение отрывом в нижней части и сдвигом вблизи нейтральной оси.

Этот вывод применим для случая, когда продольная составляющая силы подъема пласта незначительна по сравнению с вертикальной. Однако при действии на пласт клина с углом β , существенно большим нуля, эти составляющие примерно одного порядка [2,3]. Продольная сила P прижимает элемент пласта к монолиту в нижней части, уменьшая тем самым вероятность отделения пласта отрывом и повышая вероятность разрушения сдвигом.

Соотношение между продольной и вертикальной составляющими определяется углом ψ наклона равнодействующей к горизонту. По различным данным [2, 4] при $\beta=20...30^\circ$ $\psi=17...30^\circ$.

Угол ψ для различных почв может служить критерием типа разрушения пласта (отрывом или сдвигом), так как для одного и того же угла β на разных почвах его значения различны. Кроме того, анализ показывает [2], что экспериментально полученный угол ψ меньше, чем рассчитанный по известной формуле [2]. Это свидетельствует о повышении реальной силы трения на рабочей поверхности – той силы, которая обусловлена трением почвы по металлу. Следовательно, это косвенно подтверждает факт скольжения почвы по почве или, что более важно для конечного вывода, наличие сдвиговых деформаций внутри пласта.

Продольную составляющую по действию на пласт рассматриваем как внецентренную нагрузку, вызывающую сжимающие напряжения, а также напряжения от изгиба, и приложенную с эксцентриситетом $e=nH$ (здесь $n=0,5...0,65$ – по экспериментальным данным [4]).

При работе рыхлителей поперечное сечение пласта имеет трапециевидную форму, которую с достаточной для данного расчета точностью можно считать треугольной ($I_z=H^3/24$). Поэтому максимальное нормальное напряжение в нижней части треугольного поперечного сечения шириной b и высотой H достигается при $y=2/3H$. С учетом некоторых упрощений получим зависимость для определения максимального напряжения растяжения:

$$\sigma_{\text{раст}}^{\text{max}} = 2/3 l_x H Q / I_z - 2P / (bH) - 2/3 H P e / I_z. \quad (1)$$

Известно, что почва имеет различную прочность при растяжении и сдвиге, а соотношение пределов прочности почвы на сдвиг и растяжение по известным данным М.М.Мурадова, В.Ф.Рубина, В.А.Сергиенко и др. лежит в пределах 1,75-4,7.

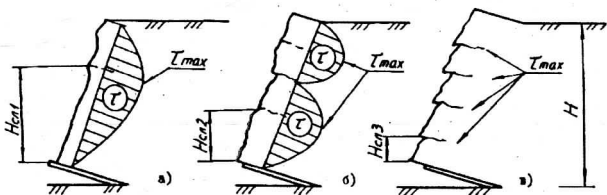


Рис. 3. Схема крошения почвы путем последовательного расслоения пласта (а, б, в – стадии расслоения)

Длина пласта, при которой равновероятно разрушение от максимальных нормального и касательного напряжений составляет

$$l_x = l_{\text{кр}} = (1,2...2,6)H. \quad (2)$$

Рассчитанное значение $l_{\text{кр}}$ может превышать известную из практики длину S внедрения клина до момента отделения элемента пласта. В таком случае разрушение пласта происходит в результате сдвига (преодоления касательных напряжений). Если длина внедрения $S \geq l_{\text{кр}}$, то пласт отделится в результате отрыва, а условия развития опережающей трещины определяют длину внедрения клина между чередующимися моментами отделения элемента пласта.

При работе рыхлителей длина l_x периодически отделяющегося элемента пласта обычно не превосходит длину долота или лапы, которая, в свою очередь, для чизельных рыхлителей не превышает $(0,2...0,5)H$. Реальная длина l_x значительно меньше длины $l_{\text{кр}}$, рассчитанной из условия одновременности разрушения путем отрыва и сдвига. Следовательно, в описанных условиях пласт разрушается (крошится) преимущественно сдвигом.

Как было показано, разрушение пласта сдвигом наиболее вероятно у его нейтральной оси (в зоне возникновения максимального касательного напряжения), где пласт делится на два менее прочно связанных слоя. В каждом из этих слоев в тот же момент происходит перераспределение напряжений. При росте напряжений вследствие движения клина происходит аналогичный сдвиг вблизи нейтральной оси каждого ранее образовавшегося слоя (рис. 3).

Таким образом, наблюдается последовательно-параллельное деление пласта на слои. При этом в результате действия закона парности касательных напряжений происходит сдвиг и поперек слоев. Такому течению процесса крошения почвы способствует структура пласта, как правило, насыщенного микротрещинами.

Максимальная величина макроэлемента, образующегося в результате крошения расслоением под действием клина, определяется условием

$$H_{\text{сл}} \leq l_x / k \quad \text{или} \quad l_{x \text{ max}} \leq H_{\text{сл}} \leq (0,2...0,4)H. \quad (3)$$

На основе изложенного механизма расслоения пласта рассмотрим кинематику его формоизменения под действием клина. Продольное сечение разобьем на квадратные элементы, стороны которых параллельны поверхности вероятного отделения пласта от монолита, а размер сторон равен длине пути S по поверхности клина до момента отделения элемента пласта (рис. 4). Высота подъема почвы по клину $\Delta h = S \sin \beta$.

Возможны по меньшей мере две модели отделения пласта почвы от монолита.

Первая модель – с вращением элементов пласта вокруг вершин d без изменения формы элементов. В этом случае наряду со скольжением по грани cd элемента $acde$ имеет место отрыв грани с преодолением предела прочности почвы на сдвиг и растяжение.

Данная модель наглядно показывает увеличение порозности пласта почвы при крошении. Причем практи-

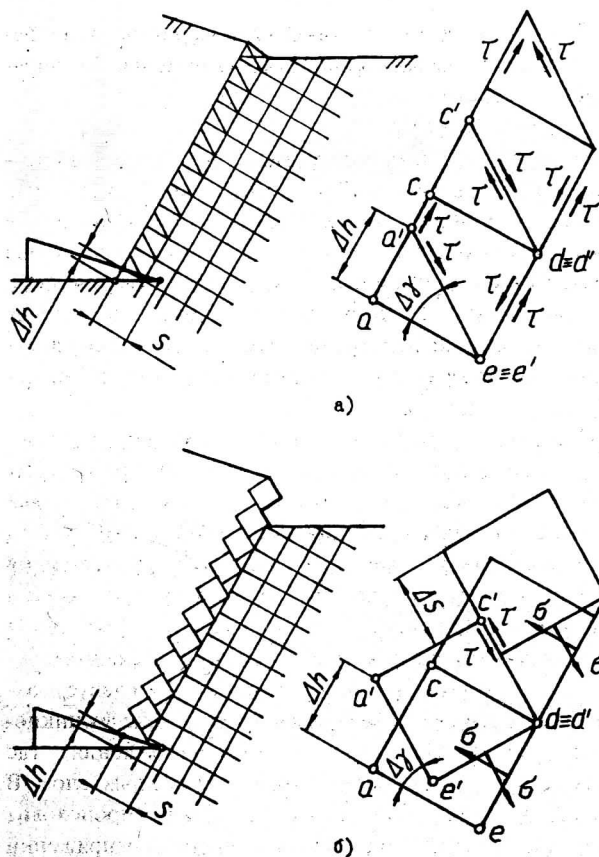


Рис. 4. Модели механизма крошения пласта почвы: а – путем формирования макроэлементов сдвигом; б – путем их поворота и взаимного сдвига

ческая степень увеличения этого параметра, найденная как соотношение глубины обработки и величины вспушенности пласта после обработки, составляет 0,1-0,3, что близко к теоретическому значению.

При работе чизельных рыхлителей степень крошения почвы достигает 70-80% и более, т.е. пласт делится на

элементы, большая доля которых имеет размер $l_{з\text{пр}} < 0,1H$, что имеет один порядок с величиной $l_{з\text{мах}}$, рассчитанной по формуле (3). Некоторое превышение практической степени крошения почвы над теоретической объясняется тем, что реальная форма структурных элементов пласта не имеет правильной геометрической формы, и при взаимном сдвиге (а тем более при сдвиге с поворотом) происходит дополнительное измельчение почвы на границах более крупных макроэлементов.

Вторая модель – с преобразованием формы элемента пласта $acde$. В этом случае происходит сдвиг по всем граням элемента. Такая модель более соответствует случаю деформации почвы в ее пластинчато-вязком состоянии.

Выводы

Проведенный анализ отражает вероятностный характер типа деформации почвы при крошении с преобладающим действием деформации сдвига и сдвига с растяжением.

Разработанные модели крошения почвы под действием клина позволяют объяснить наблюдаемое на практике крошение пласта по всей его толщине при высоте клина, значительно меньшей толщины пласта, а также сделать количественные и качественные выводы, согласующиеся с практикой.

Список литературы

1. Бабенков И.С., Иванов К.И., Хесин Г.Л. Исследование взаимодействия бурового инструмента и породы методом фотоупругости. – М.: Недра, 1970.
2. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977.
3. Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов: С краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений: Пер. с англ. – М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1957.
4. Трыпицин Д.А. Обоснование параметров чизельного рабочего органа с наклонной в поперечно-вертикальной плоскости стойкой // Исслед. и разраб. почвообраб. и посевных машин: Сб. научн. тр. ВИСХОМ. – М., 1988.

УДК 631.331.022

Принципиально новые распределители семян

Канд-ты техн.наук В.С. АСТАХОВ, А.С. СЕНТЮРОВ (БСХА)

В Белорусской сельскохозяйственной академии проведена работа по обоснованию параметров принципиально новых горизонтального типа распределителей семян для пневматических централизованных высевочных систем зерновых сеялок.

Один из факторов, влияющих на потери давления воздуха и качественную работу такого распределителя, – диаметр семяпровода. Исследования по воздействию этого параметра на энергопотери (потери давления воздуха) проводили на шестиканальном распределителе (рис.1), размеры которого были рекомендованы в результате предшествующих исследований. Так, ширина его выходного сечения $B=192$ мм, длина отрагательной пластины $L=180$ мм, угол ее установки $\alpha=24^\circ$.

Раструб имеет рациональную аэродинамическую форму (на основе рекомендаций И.Е. Идельчика для диффузоров). Расчет формы раструба проведен исходя из конкретных конструктивных размеров распределителя и при условии постоянства градиента давления вдоль потока ($dP/dx=\text{const}$).

Диаметр семяпроводов для проведения опытов (19, 23, 25 и 27 мм) выбирали с учетом их реального использования. В качестве высевочного материала использовали ячмень. Исследования проводили на лабораторной установке по методике, описанной в работе [1]. Из рис.2 видно, что диаметр отводящих патрубков существенно влияет на потери давления воздуха в распределителе.

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Э.В. Жалнин. Развитие комплексной механизации уборки зерновых культур в России
- 3 С.П. Гельфенбейн. Стандартизация, метрология, сертификация и приборное обеспечение АПК России

НОВЫЕ МАШИНЫ

- 7 В.И. Особов. Машины для заготовки грубых кормов по прогрессивным технологиям
- 9 А.Е. Литвак. Малогабаритный фронтальный погрузчик ПМФ-3

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- 10 А.А. Карпов. Вода: экология и технология

ТЕОРИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ

- 14 И.К. Мещеряков, Е.М. Яценко. Основные направления усовершенствования комбайнов семейства "Дон"
- 17 А.Н. Репетов. Полные энергозатраты: критерий выбора тракторов в хозяйствах
- 21 Е.В. Габай, С.Д. Мutowkin, А.И. Холин. Параметры навесного механизма трактора в составе МЭС кл. 0,9-1,4
- 25 В.И. Ветохин. Модель крошения почвы под действием клина
- 27 В.С. Астахов, А.С. Сентюров. Принципиально новые распределители семян

КАЧЕСТВО, НАДЕЖНОСТЬ

- 32 В.И. Молчанов. Увеличение срока службы зубчатых и червячных передач
- 33 П. Ючас, Г. Лабетас. Анализ трещин в секциях насосов
- 34 П.И. Прокопцев. Компьютеризация характеристик изнашивания режущих элементов
- 36 Е.Г. Мор. Повышение структурной жесткости тракторного навесного устройства

ИНФОРМАЦИЯ

- 37 Инженерно-технологический центр "Металлург" извещает

CONTENTS

- 1 E.V. Zhalnin. Development of complex mechanization of cereals harvesting in Russia
- 3 S.P. Gelfenbeyn. Standardization, metrology, certification and instrumental provision of AПК (agroindustrial complex) in Russia

NEW MACHINES

- 7 V.I. Osobov. Machines for making roughage by progressive technologies
- 9 A.Ye. Litvak. Small-sized front end loader ПМФ-3

ECOLOGICALLY CLEAN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

- 10 A.A. Karpov. Water: ecology and technology

THEORY, DESIGNING, TESTING

- 14 I.K. Meshcheryakov, Ye.M. Yashchenko. Main trends in improving the family "Don" combines
- 17 A.N. Repetov. Total energy consumption: criteria of choosing tractors in agricultural plants
- 21 Ye. B. Gabai, S.D. Mutowkin, A.I. Kholin. Mounting mechanism parameters for tractor being a member of Class 0,9 - 1,4 МЭС (mobile energetic mean)
- 25 V.I. Vetokhin. Simulation of soil crumbling under the action of wedge
- 27 V.S. Astakhov, A.S. Sentyurov. Essentially new seed distributors

QUALITY, RELIABILITY

- 32 V.I. Molchanov. Increasing the service life of gear and worm drives
- 33 P. Yuchas, G. Labetskis. An analysis of cracks in fuel pump elements
- 34 P.I. Prokoptsev. Computerization of wearing characteristics of cutting elements
- 36 Ye.G. Mor. Increasing the structural rigidity of tractor

INFORMATION

- 37 Engineering-and-technological centre "Metallurg" informs

Главный редактор А.А. ШАНДЫБО

Редакционная коллегия:

М.В. БАЛАМУТЕНКО (ответственный секретарь),
В.А. БОРОДИН, В.С. ГОЛЬНЕВ, С.С. ДМИТРИЧЕНКО,
Л.И. ЖУРАВЛЕВ, И.В. ИЛЬИН, А.А. КАРПОВ (зам. главного редактора),
В.Г. КИСЛОВ, Г.Г. КОЛОБОВ, И.П. КСЕНЕВИЧ,
Д.Л. КУРЦЕВ, Г.М. КУТЬКОВ, Ю.Н. ЛИПОВ, А.В. МАРТЫНОВ,
И.К. МЕЩЕРЯКОВ, А.И. НЕЛЮБОВ, И.М. ПАНОВ,
Г.Д. ПЕТРОВ, Г.А. РОВНЫЙ, В.Д. ТКАЧ, М.М. ФИРСОВ,
А.Н. ЧЕРЕПАХИН, Н.Ф. ЧУХЧИН, В.П. ШЕВЧУК,
Н.А. ЩЕЛЬЦЫН

Адрес редакции: 103012, Москва, Ветошный пер., 13, комн. 428.

Телефоны: 298-81-24, 298-89-10. Факс 269-48-97.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Машиностроение"

Сдано в набор 22.08.94. Подписано в печать 15.10.94.
Формат 60х88/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 6,0.
Усл. печ. л. 4,9. Усл. кр.-отт. 5,88. Тираж 1368 экз. Заказ 777.

Компьютерный набор АО "Аслан", тел. 564-33-01

Отпечатано в Подольской типографии
142110, г.Подольск, ул. Кирова, 25

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Э.В. Жалнин. Развитие комплексной механизации уборки зерновых культур в России
- 3 С.П. Гельфенбейн. Стандартизация, метрология, сертификация и приборное обеспечение АПК России

НОВЫЕ МАШИНЫ

- 7 В.И. Особое. Машины для заготовки грубых кормов по прогрессивным технологиям
- 9 А.Е. Литвак. Малогабаритный фронтальный погрузчик ПМФ-3

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- 10 А.А. Карпов. Вода: экология и технология

ТЕОРИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ

- 14 И.К. Мещеряков, Е.М. Ягценко. Основные направления - усовершенствования комбайнов семейства "Дон"
- 17 А.Н. Репетов. Полные энергосозатраты: критерий выбора тракторов в хозяйствах
- 21 Е.В. Габай, С.Д. Мутовкин, А.И. Холин. Параметры навесного механизма трактора в составе МЭС кл. 0,9-1,4
- 25 Р.Н. Ветохин. Модель крошения почвы под действием клина
- 27 В.С. Астахов, А.С. Сентюров. Принципиально новые распределители семян

КАЧЕСТВО, НАДЕЖНОСТЬ

- 32 В.И. Молчанов. Увеличение срока: службы зубчатых и червячных передач
- 33 П. Ючас, Г. Лабетас. Анализ трещин в секциях насосов
- 34 П.И. Прокопцев. Компьютеризация характеристик изнашивания режущих элементов
- 36 Е.Г. Мор. Повышение структурной жесткости тракторного навесного устройства

ИНФОРМАЦИЯ

- 37 Инженерно-технологический центр "Металлург" извещает

Главный редактор А.А. ШАНДЫБО

Редакционная коллегия:

М.В. БАЛАМУТЕНКО (ответственный секретарь),
В.А. БОРОДИН, В.С. ГОЛЬНЕВ, С.С. ДМИТРИЧЕНКО,
Л.И. ЖУРАВЛЕВ, П.И. ИЛЬИН, А.Л. КАРПОВ (зам. главного редактора),
В.Г. КИСЛОВ, Г.Г. КОЛОБОВ, И.П. КСЕНЕВИЧ,
Д.Л. КУРДЕВ, Г.М. КУТЬКОВ, Ю.Н. ЛИПОВ, А.В. МАРТЫШОВ,
И.К. МЕЩЕРЯКОВ, А.И. НЕЛЮБОВ, И.М. ПАНОВ,
Г.Д. ПЕТРОВ, Г.А. РОВНЫЙ, В.Д. ТКАЧ, М.М. ФИРСОВ,
А.Н. ЧЕРЕПАХИН, Н.Ф. ЧУХЧИН, В.П. ШЕВЧУК,
НА. ЩЕЛЫЦЫН

Адрес редакции: 103012, Москва, Ветошный пер., 13, комн. 428.

Телефоны: 298-81-24, 298-89-10. Факс 269-48-97.

CONTENTS

- 1 E.V. ZhaJnin. Development of complex mechanization of cereals harvesting in Russia
- 3 S.P. Gelfenbeyn. Standardization, metrology, certification and instrumental provision of AIK (agroindustrial complex) in Russia

NEW MACHINES

- 7 V.I. Osobov. Machines for making roughage by progressive technologies
- 9 A.Ye. Litvak. Small-sized front end loader riMO-3

ECOLOGICALLY CLEAN TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

- 10 A.A. Karpov. Water: ecology and technology

THEORY, DESIGN, TESTING

- 14 I.K. Meshcheryakov, Ye.M. Yashchenko. Main trends in improving the family "Don" combines
- 17 A.N. Repetov. Total energy consumption: criteria of choosing tractors in agricultural plants
- 21 Ye. B. Gabai, S.D. Mutovkin, A.I. Kholin. Mounting mechanism parameters for tractor being a member of Class 0,9 - 1,4 M3C (mobile energetic mean)
- 25 V.I. Vetokhin. Simulation of soil crumbling under the action of wedge
- 27 V.S. Astakhov, A.S. Sentyurov. Essentially new seed distributors

QUALITY, RELIABILITY

- 32 V.I. Mojkanoy. Increasing the service life of gear and worm drives
- > 33 P. Yuchas, G. Labetskias. An analysis of cracks in fuel pump elements
- 34 P.I. Prokoptsev. Computerization of wearing characteristic* of cutting elements
- 36 Ye.G. Mor. Increasing the structural rigidity of tractor

INFORMATION

- 37 Engineering-and-technological centre "Metallurgy informs

• • : • •" * " • ' - -ум'Н/Щ

Ордена Трудового Красного Знамени %
издательство "Машиностроение"

Сдано в набор 22.08.94. Подписано в печать 15.10.94.
Формат 60х88/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 6,0.
Усл. печ. л. 4,9. Усл. кр.-отг. 5,88. Тираж 1368 экз. Заказ?1*.

Компьютерный набор АО "Аслан", тел. 564-33-01

Отпечатано в Подольской типографии
142110, г.Подольск, ул. Кирова, 25