

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

*Кушнир В.Г. – д.т.н., зав. кафедрой машин, тракторов и автомобилей, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова*

*Бенюх О.А. – к.т.н., доцент кафедры машин, тракторов и автомобилей, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова*

*Бимолдин Д.Т. – магистрант, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова*

*Кушнир А.С. – студент, Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет, институт точной механики и оптики*

*В статье описывается усовершенствование, которое относится к устройствам для ударно-центробежного измельчения, а именно к центробежным мельницам и может найти применение в агропромышленном комплексе, строительной, горнодобывающей, химической, металлургической и других отраслях промышленности для измельчения различных материалов.*

*Интенсивность многих технологических процессов зависит от величины поверхности обрабатываемых твердых материалов; при этом увеличение их поверхности путем уменьшения размеров кусков повышает скорость процесса, а также увеличивает выход и повышает качество конечного продукта. Процесс уменьшения размеров кусков твердых материалов называется дроблением или измельчением. Часто под дроблением понимают уменьшение только крупных кусков. Процесс измельчения мелких кусков называется размолом. Измельчению подвергаются топливо, сырье (горные породы, руды), полуфабрикаты и готовые продукты. При дроблении и размолу расходуется много механической энергии, и поэтому важно правильно выбрать способ измельчения.*

*Задача, которую решает усовершенствование, заключается в снижении энергоёмкости технологического процесса измельчения материалов. Поставленная задача решается с помощью центробежной мельницы, содержащей соединенные между собой ударно-центробежную дробилку и воздушный классификатор.*

*Ключевые слова: измельчение, помол, дробилка, мельница.*

## IMPROVING THE DESIGN OF CENTRIFUGAL MILL

*Kushnir V.G. - Doctor of Science, Head of the Department of machinery, tractors and cars, A. Baitursynov Kostanai State University*

*Benyukh O.A. - Candidate of Science, Associate Professor of the Department of machinery, tractors and cars, A. Baitursynov Kostanai State University*

*Bimoldin D.T. – the undergraduate, A. Baitursynov Kostanai State University*

*Kushnir A.S. - student, St. Petersburg Research University, Institute of Fine Mechanics and Optics*

*The article describes an invention which relates to a device for centrifugal impact-grinding, namely to the centrifugal mill. This device can be used in agriculture, construction, mining, chemical, metallurgical and other industries for crushing various materials.*

*The intensity of many processes depends on the magnitude of the surface of the processed solid material. The increase in the surface thereof by reducing the size of the pieces increases the speed of the process and increases the yield and improves the quality of the final product. The process of reducing the size of the pieces of solid materials is called the crushing or grinding. Often under the crushing understand decrease only large pieces. The grinding process is called grinding small pieces. Grinding exposed fuel, raw materials (rocks, ores), semi-finished and finished products. For crushing and grinding spent a lot of mechanical energy. It is therefore important to choose the right way to grinding.*

*The problem is solved by the invention is to reduce the energy intensity of the process of grinding materials. The problem is solved by means of the centrifugal mill comprising interconnected shock-centrifugal mill and air classifier.*

*Keywords: crushing, grinding, crusher, mill.*

## ТЕПКИШ ДИІРМЕН ЖОБАЛАУ ЖЕТІЛДІРУ

*Кушнир В. Г. - т.ғ.д., А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, «машиналар, тракторлар және автокөліктер» кафедрасының меңгерушісі.*

*Бенюх О.А. - т.ғ.к., А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті,*

*«машиналар, тракторлар және автокөліктер» кафедрасының доценті.*

*Бимолдин Д.Т. - А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті «Аграрлық техника және технология» мамандығының магистранті*

*Кушниц А.С. – студент, Санкт-Петербурге ғылыми-зерттеу университеті, бейнелеу механика және оптика институты*

Осы мақалада тепкіш үгуге және орталық диірменге қатысты құрылым сипатталынады. Осы құрылым аграрлық-өнеркәсіптік кешенде, құрылыстық, тау-өндірістік, химиялық, металлургиялық және өнеркәсіптің сырттың салаларының түрлі материалдың ұсақтау үшін қолдану алуы мүмкін.

Көптеген үдерістердің қарқындылығы өңделген қатты материалының беттің аумағынан байланысты. Бұл ретте беттің аумақтауы жолымен дана өлшемінің кемуінің үдерістің жылдамдығын жоғарылатады, ал шыға берісті көбейтеді және ақырғы өнімнің сапасын жоғарылатады. Дана өлшемінің кемуінің үдерісі ұсақталумен немесе тегістеу аталады. Жиі ұсақталуды кесек-кесек дананың кемуін ғана түсінеді. Дананың үгу үдерісі тегістеу деп аталады. Үгу кезінде отын, шикізат (таудың жыныстары, кендер), жартылай фабрикаттар мен дайын өнімдер ұшырайды. Ұсақтау және тегістеуде механикалық энергиясы көп шығындалады.

Материалдың үгуінің технологиялық үдерісінің энергия сыйымдылығының төмендету үшін өнертабыс шешілуі тиіс тапсырма болып табылады. Мәселе өзара соққы ортадан тепкіш диірмен және әуе классификатордан тұратын тепкіш диірмен арқылы шешіледі.

*Негізгі ұғымдар: тегістеу, фрезерлік, уатқыш, диірмен.*

Технологические процессы различных отраслей промышленности включают в себя процессы измельчения исходного продукта. По размеру измельченного продукта измельчение разделяют на два типа:

- дробление: грубое (300-100 мм), среднее (100-25 мм) и мелкое (25-1 мм).

Цель дробления - получение кускового продукта необходимой крупности, а также подготовка к помолу.

- помол: грубый (1000—500 мкм), средний (500—100 мкм), тонкий (100-40 мкм) и сверхтонкий (<40).

Цель помола - увеличение дисперсности твёрдого материала, придание ему гранулометрического состава и формы частиц, а также дезагрегирование вещества.

Граница между помолом и дроблением условна. Оборудование для измельчения делится на дробилки и мельницы.

Известно [1] устройство для измельчения материалов (центробежная мельница), содержащее соединенные между собой ударно-центробежную дробилку и воздушный классификатор, причем дробилка содержит корпус, ускоритель, установленный внутри корпуса на вертикальном валу, отбойные элементы, закрепленные на внутренней поверхности корпуса без зазора по отношению к ней и с образованием с ускорителем зоны дробления, воронку для подачи материала в ускоритель, неподвижно установленную непосредственно над ускорителем с зазором по отношению к нему, трубу для подачи исходного материала в воронку, и патрубки для подачи воздуха в мельницу, расположенные в нижней части корпуса, а воздушный классификатор содержит полый корпус с камерой разделения материала и средства для возврата крупных частиц в ускоритель дробилки для доизмельчения, патрубков для вывода отделенных мелких частиц материала вместе с воздушным потоком, расположенный в верхней части корпуса, при этом воздушный классификатор расположен непосредственно над ударно - центробежной дробилкой и соединен с ней таким образом, что зона дробления дробилки непосредственно сообщается с камерой разделения материала воздушного классификатора.

Однако известная мельница не обеспечивает высокую эффективность измельчения материала. Данный недостаток связан с тем, что вылетающий из ускорителя материал отклоняется вверх восходящим воздушным потоком, создаваемым в мельнице внешним вентилятором, и ударяется об отбойные элементы не под прямым углом. При этом мелкие частицы отклоняются на максимальный угол, что приводит к снижению эффективности измельчения материала.

Известна [2] центробежная мельница, содержащая соединенные между собой ударно-центробежную дробилку и воздушный классификатор, при этом дробилка содержит корпус, ускоритель, установленный внутри корпуса на вертикальном валу, отбойные элементы, закрепленные на внутренней поверхности корпуса с зазором по отношению к ней и с образованием с ускорителем зоны дробления, воронку для подачи материала в ускоритель, установленную непосредственно над ускорителем и отбойными элементами с возможностью фиксированного перемещения в вертикальной плоскости, трубу для подачи исходного материала в воронку, и патрубки для подачи воздуха в мельницу, расположенные в нижней части корпуса, а воздушный классификатор содержит полый корпус с камерой разделения материала и средства для возврата крупных частиц в ускоритель

дробилки для доизмельчения, патрубок для вывода отделенных мелких частиц материала вместе с воздушным потоком, расположенный в верхней части корпуса, при этом воздушный классификатор расположен непосредственно над ударно - центробежной дробилкой и соединен с ней таким образом, что зазор между внутренней поверхностью корпуса дробилки и отбойными элементами непосредственно сообщается с камерой разделения материала воздушного классификатора.

Недостатком данной мельницы является невысокое качество готового продукта. Этот недостаток связан с тем, что не весь двухфазный поток, содержащий частицы материала (крупную недоизмельченную фракцию и мелкий готовый продукт), проходя через поворотные лопатки классификатора приобретает тангенциальное ускорение. Часть двухфазного потока попадает в камеру разделения материала через конструктивный зазор между лопатками и течками и лопатками и цилиндрической вставкой, не приобретает тангенциальное ускорение, и, соответственно, не подвергается разделению по крупности. В связи с этим часть частиц крупной фракции выводятся из классификатора вместе с частицами мелкой фракции и загрязняют готовый продукт.

Известна [3], принятая в качестве прототипа, центробежная мельница, содержащая соединенные между собой ударно-центробежную дробилку и воздушный классификатор, при этом дробилка содержит корпус, ускоритель, установленный внутри корпуса на вертикальном валу, отбойные элементы, закрепленные на внутренней поверхности корпуса с зазором по отношению к ней и с образованием с ускорителем зоны дробления, воронку для подачи материала в ускоритель, установленную непосредственно над ускорителем и отбойными элементами с возможностью фиксированного перемещения в вертикальной плоскости, трубу для подачи исходного материала в воронку и патрубки для подачи воздуха в мельницу, расположенные в нижней части корпуса, а воздушный классификатор содержит полый корпус с камерой разделения материала, в которой расположены средства для возврата крупных частиц в ускоритель дробилки для доизмельчения в виде течек, верхней частью закрепленных на корпусе, цилиндрическую вставку, поворотные лопатки для закрутки воздушного потока и патрубок для вывода отделенных мелких частиц материала вместе с воздушным потоком, расположенный в верхней части корпуса, при этом воздушный классификатор расположен непосредственно над ударно-центробежной дробилкой и соединен с ней таким образом, что зазор между внутренней поверхностью корпуса дробилки и отбойными элементами непосредственно сообщается с камерой разделения материала воздушного классификатора, причём верхняя часть течек и цилиндрическая часть цилиндрической вставки выполнены с кольцевыми карманами, а поворотные лопатки своими боковыми частями расположены в этих карманах.

Недостатком этого устройства является высокая энергоёмкость выполнения технологического процесса, так как на протяжении, за счёт создаваемого вентилятором разряжения, воздушного потока затрачивается значительное количество энергии.

Задача, которую решает усовершенствование, заключается в снижении энергоёмкости технологического процесса измельчения материалов.

Поставленная задача решается с помощью центробежной мельницы, содержащей соединенные между собой ударно-центробежную дробилку и воздушный классификатор, при этом дробилка содержит нижний корпус, ускоритель, установленный внутри нижнего корпуса на вертикальном валу, отбойные элементы, закрепленные на внутренней поверхности нижнего корпуса с зазором по отношению к ней и с образованием с ускорителем зоны дробления, воронку для подачи материала в ускоритель, установленную непосредственно над ускорителем и отбойными элементами с возможностью фиксированного перемещения в вертикальной плоскости, трубу для подачи исходного материала в воронку и патрубки для подачи воздуха в мельницу, расположенные в нижней части нижнего корпуса, а воздушный классификатор содержит полый корпус с камерой разделения материала, в которой расположены средства для возврата крупных частиц в ускоритель дробилки для доизмельчения в виде течек, верхней частью закрепленных на корпусе, цилиндрическую вставку, закручивающие лопатки для закрутки воздушного потока и патрубок для вывода отделенных мелких частиц материала вместе с воздушным потоком, расположенный в верхней части полого корпуса, при этом воздушный классификатор расположен непосредственно над ударно-центробежной дробилкой и соединен с ней таким образом, что зазор между внутренней поверхностью корпуса дробилки и отбойными элементами непосредственно сообщается с камерой разделения материала воздушного классификатора, причём верхняя часть течек и цилиндрическая часть цилиндрической вставки выполнены с кольцевыми карманами, а поворотные лопатки своими боковыми частями расположены в этих карманах, где к верхней поверхности ускорителя присоединён верхний вертикальный вал, причём его ось симметрии совпадает с осью симметрии нижнего вертикального вала и ускорителя, при этом верхний вертикальный вал установлен в цилиндрической вставке с помощью радиально-упорных подшипников, при этом цилиндрическая вставка горизонтальной прорезью по кольцевому карману разделена на верхнюю и нижнюю части, в которую вставлен закреплённый на верхнем вертикальном валу

горизонтальный диск, к ободу которого прикреплены закручивающие лопатки с возможностью вращения их вместе с горизонтальным диском.

На рисунке 1 представлен общий вид центробежной мельницы, разрез в вертикальной плоскости.

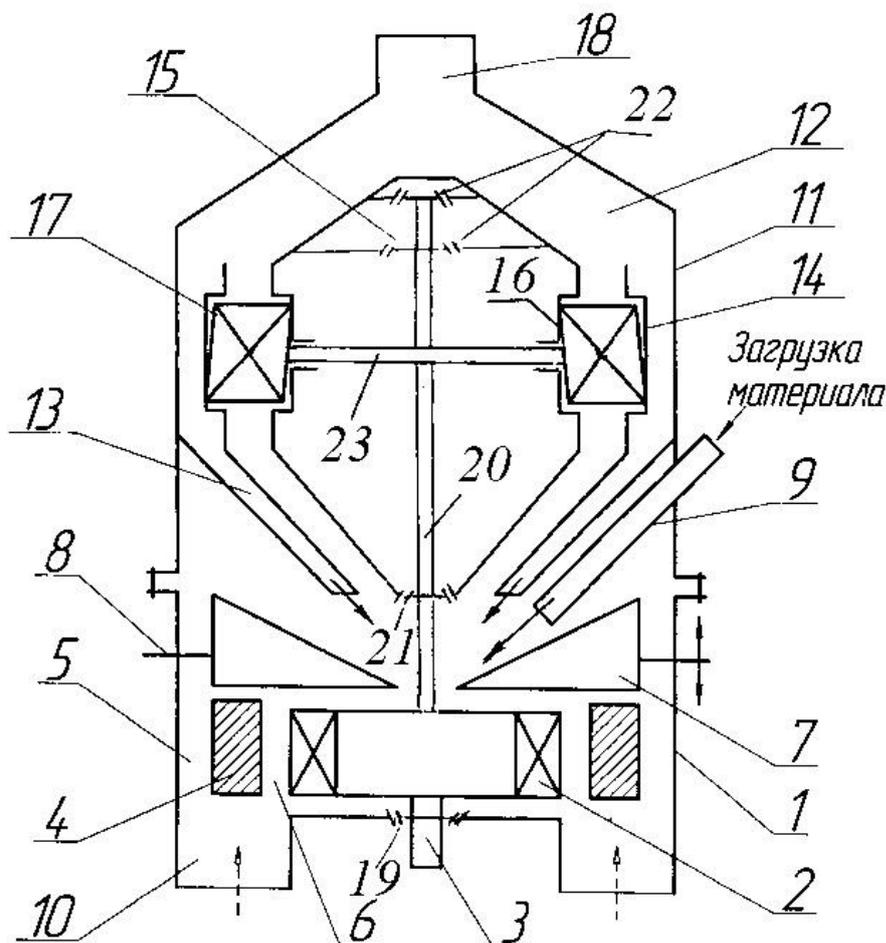


Рисунок 1 – Центробежная мельница

Центробежная мельница содержит соединенные между собой ударно-центробежную дробилку и воздушный, например центробежно-инерционный классификатор. Ударно-центробежная дробилка содержит нижний корпус 1, ускоритель 2, закрепленный внутри нижнего корпуса 1 на нижнем вертикальном валу 3, который установлен в нижнем корпусе 1 с помощью радиально-упорных подшипников 19, отбойные элементы 4, закрепленные на внутренней поверхности нижнего корпуса 1 с зазором 5 по отношению к ней и с образованием с ускорителем 2 зоны 6 дробления, воронку 7 для подачи материала в ускоритель 2, установленную с возможностью фиксированного перемещения в вертикальной плоскости посредством тяг 8, трубу 9 для подачи исходного материала в воронку 7 и патрубки 10 для подачи воздуха в мельницу.

Воздушный центробежно-инерционный классификатор содержит прикрепленный сверху на нижний корпус 1 полый корпус 11 с камерой 12, выполненной в виде обращенного меньшим основанием вверх полого усеченного прямого кругового конуса, для разделения материала, в которой расположены средства для возврата крупных частиц материала на доизмельчение в виде течек 13 с кольцевым карманом 14, верхней частью закрепленных на полой корпусе 11, цилиндрическую вставку 15, выполненную в цилиндрической части с кольцевым карманом 16, и средства для закрутки воздушного потока с материалом в виде закручивающих лопаток 17, расположенных с возможностью перемещения своими боковыми частями в карманах 14 и 16, и патрубков 18 для вывода мелкой фракции вместе с воздушным потоком, расположенный в верхней части полого корпуса 11. К верхней поверхности ускорителя 2 присоединен верхний вертикальный вал 20, причём его ось симметрии совпадает с осью симметрии нижнего вертикального вала 3 и ускорителя 2. Верхний вертикальный вал 20 установлен в цилиндрической вставке 15 с помощью радиально-упорных подшипников 21 и 22, при этом цилиндрическая вставка горизонтальной прорезью по кольцевому карману 16 разделена на верхнюю и нижнюю части, в которую вставлен закрепленный на верхнем вертикальном

валу 20 горизонтальный диск 23, к ободу которого прикреплены закручивающие лопасти 17 с возможностью их вращения вместе с диском 23.

Мельница работает следующим образом.

На выходе патрубка 18 создают разрежение, например, внешним вентилятором (на фиг. не показан), которое обуславливает движение воздушного потока с расчетной скоростью в мельнице (в дробилке и классификаторе) снизу вверх. Затем посредством электропривода (на чертежах не показан) ускорителю 2 ударно центробежной дробилки придают вращение с требуемой скоростью и подают в него исходный материал по трубе 9 и через воронку 7. За счет центробежных сил, возникающем во вращающемся ускорителе 2, частицы материала приобретают ускорение, вылетают из него, ударяются об отбойные элементы 4 и разрушаются на куски разной крупности. Благодаря тому, что воронка 7 установлена с возможностью фиксированного перемещения в вертикальной плоскости, существует возможность изменять аэродинамическое сопротивление зазора между ней и отбойными элементами 4. Это позволяет установить воронку 7 с таким зазором, чтобы его аэродинамическое сопротивление обеспечивало разделение воздушного потока, обтекающего отбойные элементы 4 вверх и вниз, на равные по величине части. Вследствие этого значительная часть материала, вылетающего из ускорителя 2, ударяется об отбойные элементы 4 под прямым углом. Под воздействием гравитационной силы частицы материала попадают в патрубки 10 для подачи воздуха в мельницу, подхватываются воздушным потоком и через зазор 5 выносятся в классификатор. Часть мелких частиц с воздушным потоком, обтекающим отбойные элементы 4 вверх, попадает в классификатор из зоны 6 дробления через зазор между отбойными элементами 4 и воронкой 7. Затем частицы материала разной крупности вместе с воздушным потоком перемещаются вверх по направлению к камере 12 разделения материала. Проходя через кольцевой канал, в котором под определенным углом к горизонту установлены закручивающие лопасти 17, двухфазный поток приобретает тангенциальное ускорение, вследствие чего в камере разделения на частицы материала действует центробежная сила. Одновременно на частицы воздействует сила аэродинамического сопротивления, создаваемая воздушным потоком. Для крупных частиц воздействие центробежной силы превышает воздействие силы аэродинамического сопротивления. Поэтому крупные частицы отбрасываются к стенке полого корпуса 11, под действием гравитационной силы вдоль нее перемещаются вниз, и по течкам 13 и через воронку 7 попадают в ускоритель 2 дробилки на доизмельчение. Для мелких частиц воздействие силы аэродинамического сопротивления превышает воздействие центробежной силы, и они вместе с воздушным потоком выводятся из мельницы через патрубок 18, который связан со стандартными устройствами для отделения мелкой фракции (готового продукта) от воздушного потока: циклоны или промышленные воздушные фильтры.

Благодаря тому, что закручивающие лопасти 17, своими боковыми частями расположенные в карманах 14 и 16, вращаются вместе с диском 23, валами 20 и 3 весь двухфазный поток проходит в камеру разделения материала через закручивающие лопасти 17, подвергается закрутке и приобретает тангенциальное ускорение, в результате чего происходит разделение частиц всего материала на крупную и мелкую фракции, что исключает попадание крупной фракции в готовый продукт и, тем самым, обеспечивается повышение качества готового продукта. Одновременно с этим благодаря вращению закручивающих лопастей 17 создается дополнительная тяга воздушного потока в его наиболее суженной и склонной к забиванию части, что позволяет многократно снизить создаваемое в патрубке 18 разрежение, существенно снижая энергоемкость процесса.

Учитывая вышесказанное, использование предлагаемой нами мельницы позволит снизить себестоимость отечественной продукции в целом и повысит, таким образом, ее конкурентоспособность, что особенно актуально, учитывая скорое вступление Казахстана в организацию ВТО.

#### **Литература:**

1. Патент РФ на изобретение №2297283, МПК В02С 23/12, 2007.
2. Патент РФ на полезную модель №94170, МПК В02С 23/12, 2010.
3. Патент РФ на изобретение №2498858, МПК В02С23/12, 2013.

#### **References:**

1. RF patent №2297283, IPC B02C 23/12, 2007.
2. RF patent for utility model №94170, IPC B02C 23/12, 2010.
3. RF patent №2498858, IPC B02C23 / 12, 2013.

#### **Сведения об авторах**

*Кушнир В.Г. – д.т.н., зав. кафедрой машин, тракторов и автомобилей Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай, ул. Киевская 58, кв.1, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru)*

Бенюх О.А. – к.т.н., доцент кафедры машин, тракторов и автомобилей Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай, ул. Наримановская 71, кв. 18, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [poagro@mail.ru](mailto:poagro@mail.ru)

Бимолдин Д.Т. – магистрант специальности «Аграрная техника и технология», Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова г. Костанай ул. Кайрбекова 369, кв.65, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [zbekmuxambetova@mail.ru](mailto:zbekmuxambetova@mail.ru)

Кушнир А.С. – студент Санкт-Петербургского научно-исследовательского университета, института точной механики и оптики, г. Костанай, ул. Киевская 58, кв.1, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru)

Kushnir V.G. - Doctor of Science, Head of the Department of machinery, tractors and cars, A. Baitursynov Kostanai State University. Kostanai, Kievskaya str. 58-1, phone (7142) 55-84-96, e-mail: [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru)

Benyukh O.A. - Ph.D., Associate Professor of the Department of machinery, tractors and cars, A. Baitursynov Kostanai State University, Kostanai, Narimanovskaya str. 71-18, phone (7142) 55-84-96, e-mail: [poagro@mail.ru](mailto:poagro@mail.ru)

Bimoldin D.T. – undergraduate of specialty Agricultural Engineering and Technology specialty, A. Baitursynov Kostanai State University, Kostanai, Kairbekov str. 369-65, phone (7142) 55-84-96, e-mail: [zbekmuxambetova@mail.ru](mailto:zbekmuxambetova@mail.ru)

Kushnir A.S. – student, St. Petersburg Research University, Institute of Fine Mechanics and Optics, .Kostanai, Kievskaya str. 58-1, phone (7142) 55-84-96, e-mail: [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru)

Кушнир В.Г- т.ғ.д., А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, «машиналар, тракторлар және автокөліктер» кафедрасының меңгерушісі. Қостанай қаласы, Киевская көшесі 58, 1 пәтер, , тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru)

Бенюх О.А. - т.ғ.к., А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, «машиналар, тракторлар және автокөліктер» кафедрасының доценті. Қостанай қаласы, Наримановская көшесі 71, 18 пәтер, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [poagro@mail.ru](mailto:poagro@mail.ru)

Бимолдин Д.Т.. - А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті «Аграрлық техника және технология» мамандығың магистранті, Қостанай қаласы, Кайрбекова көшесі 369, 65 пәтер, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [zbekmuxambetova@mail.ru](mailto:zbekmuxambetova@mail.ru)

Кушнир А.С. – студент, Санкт-Петербург ғылыми-зерттеу университеті, Бейнелеу механика және оптика институты, Қостанай қаласы, Киевская көшесі 58, 1 пәтер, тел. (7142) 55-84-96, e-mail: [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru)