

## ПРИЧИНЫ ВИБРАЦИЙ В АВТОМОБИЛЕ, МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

*Кушнир В.Г. - доктор технических наук, профессор, Костанайский государственный университет имени А.Байтұрсынова.*

*Салыков Б.Р. – кандидат технических наук, доцент, Костанайский государственный университет имени А.Байтұрсынова.*

*Бекмухамбетова Ш.А. – магистрант 1 курса, Костанайский государственный университет имени А.Байтұрсынова*

*В статье раскрыты особенности исследований в области устранения воздействия вибраций на конструкции автотранспортных средств, в частности на панель приборов легкового автомобиля. Проведен обширный обзор исследований ряда авторов, разработок новых методов и средств для устранения влияния вибрации на конструкцию автотранспортных средств. Выявлены основные причины возникновения вибраций в автомобиле, причины дисбаланса.*

*Проанализированы технические решения установки виброизоляторов с металлическими, эластомерными, пневматическими и комбинированными упругодемпфирующими элементами, изучены способы формирования их упругих и демпфирующих характеристик. Сделаны выводы о возможностях снижения уровня вибрации. Раскрыта тенденция к уменьшению вибровоздействия – путем создания различных устройств и систем.*

*Обоснованы существующие две группы методов измерения параметров вибрации: контактные, подразумевающие механическую связь датчика с исследуемым объектом, и бесконтактные. На основании рассмотренных исследований и обоснованных методов измерений выбран путь исследований влияния вибрации на панель приборов автомобиля, предложен метод открытого резонатора. Определены направления в разработке конструкции прибора для замера вибрации. За основу взята конструкция прибора - виброметра ВК 5М, который измеряет истинное среднеквадратическое значение виброскорости, размах виброперемещения, амплитуду виброускорения.*

*Ключевые слова: вибрация, панель приборов, методы измерения.*

## АВТОКӨЛІКТЕГІ ДІРІЛ СЕБЕПТЕРІ, ӨЛШЕУ ӘДІСТЕРІ

*Кушнир В.Г.- техникалық ғылымдарының докторы, профессор, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті.*

*Салыков Б.Р. - техникалық ғылымдарының кандидаты, доцент, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті.*

*Бекмухамбетова Ш.А. – 1 курс магистранты, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті.*

*Мақалада автокөлік құралдарының құрылымына әсер ететін діріл салдарын жою саласындағы зерттеулер ерекшеліктері ашық қарастырылған. Бірқатар авторлардың автокөлік құралдарының құрылымына дірілдің әсерін жоюға арналған зерттеулеріне, жасалған жаңа әдістері мен құралдарына кеңінен шолу жасалған.*

*Автокөлікте дірілдің және теңгерімсіздіктің пайда болу себептері анықталған.*

*Болаттық, эластомерлік, пневматикалық және аралас серпімді тербелісті саябырлатқыш элементтері бар діріл оқшаулатқыштарды орнатуға техникалық шешімдер талданып, олардың серпімдік және тербелісті саябырлатқыштарсипаттамаларын қалыптастыру әдістері зерттелді. Діріл деңгейін төмендету мүмкіндіктері туралы тұжырымдар жасалды. Әртүрлі құрылғылар мен жүйелерді құру жолымен діріл әсерлерін азайтатын үрдіс ашылды.*

*Діріл параметрлерін өлшейтін әдістің екі тобы: сезгімен зерттелетін объектінің механикалық байланысын қарастыратын түйіспелі және түйіспесіз негізделген.*

*Қарастырылған зерттеулер мен негізделген өлшеу әдістері негізінде автокөліктің аспаптар панеліне әсер ететін дірілдің әсерін зерттейтін бағыт таңдалды. Дірілді өлшейтін аспап құрылымын жобалау бағыттары анықталды. Негізге ВК 5М виброметрінің құрылымы алынған, ол діріл жылдамдығының, діріл қозғалу шегінің, діріл үдеуі амплитудасының шынайы орташа квадраттық мәнін өлшейді.*

*Негізгі сөздер: діріл, аспаптардың панелі, өлшеу әдістері.*

## CAUSES OF VIBRATIONS IN A CAR, METHODS OF MEASUREMENT

*Kushnir V. G. - doctor of technical Sciences, Professor, Kostanay state University named after A. Baitursynov.*

*Salykov B. R. – candidate of technical Sciences, associate Professor, Kostanay state University named after A. Baitursynov.*

*Bekmuhambetov A. S. – 1st year graduate student, Kostanay state University named A. Baitursynov*

*In the article the features of research in the field of elimination of influence of vibration on the construction of motor vehicles are studied, in particular on the dashboard of the car. There is held an extensive survey of studies of a number of authors, development of new methods and means to eliminate the effect of vibration on the design of vehicles. The main causes of vibration in the car are identified. So is the cause of the imbalance.*

*There are analyzed the technical solutions installation of vibration isolators with metal, elastomeric, pneumatic and combined elastic damping elements, also there are studied the ways of formation of their elastic and damping characteristics.*

*The conclusions are about the possibilities of reducing the level of vibration. There is discovered the tendency of decrease in vibration by creating a variety of devices and systems.*

*The existing two groups of methods of measurement of vibration parameters are justified: contact, implying a mechanical connection of sensor with the object, and contactless. On the basis of conducted research and proved methods of measurements, the way of studying of effects of vibration on the dashboard of the car is chosen, and the method of open resonator is proposed. The directions in the design of the device for measuring vibration are determined. The design of device VK-5 M is taken for the base, which measures the true RMS value of vibration velocity, vibration displacement amplitude, the amplitude of acceleration.*

*Keywords: vibration, instrument panel, measurement methods.*

Известными научной общественности являются работы в области теории систем устранения вибраций таких ученых, как Афанасьев Б.Л., Генкин М.Д., Забавников Н.А., Коловский М.З., Левитский Н.И., Пановко Я.Г., Платонов В.Ф., Силаев А.А., Чудаков Д.А. и другие.

Известны работы по этой тематике ученых МАМИ и других технических вузов, НАТИ и других отраслевых институтов. Этой темой занимались Варфоломеев В.В., Горобцов А.С., Дьяков А.В., Дьяков А.С., Косов О.Д., Ляшенко М.В., Новиков В.В., Орешкин В.Н., Победин А.В., Рябов И.М. и другие.

В последнее время исследованиями устранения вибраций и виброперемещений кабин и агрегатов транспортных средств занимались Корчагин А.П., Кухарчук А.И., Реунов С.В., Рябова А.Л., Ходакова Т.Д., Хрипунов Д.В., Шакулин О.П., Юшин А.И. и другие. Этими авторами предложены разные методы защиты от вибровоздействий конструкций транспорта, предложены конструктивные решения виброизолирующих устройств, созданы математические модели систем, при использовании которых выполнены численные эксперименты, подтверждающие эффективность разработок.

В большинстве работ, кроме прочего, констатируется, что ни одна из систем устранения вибраций кабин или агрегатов транспортных средств, где используются моноблочные резиновые виброизоляторы, не обеспечивает эффективной защиты от колебаний во всем, в особенности низкочастотных. Для снижения уровня вибронегруженности оборудования транспорта в во многих работах предложено использовать систему динамических гасителей колебаний.

Результатом анализа конструкций и характеристик устройств для устранения вибраций современных транспортных средств (ТТС) нами выполнена сравнительная оценка конструкций и эффективность систем, сделан анализ технических решений использующихся виброизолирующих элементов, в том числе по патентной литературе. Проанализированы технические решения виброизоляторов с металлическими, эластомерными, пневматическими и комбинированными упругодемпфирующими элементами, изучены способы формирования их упругих и демпфирующих характеристик. В результате разработана классификация методов виброзащиты (рисунок 1) и система технических требований к кабине и панели приборов, в соответствии с которой, они должны обладать:

- высокой надежностью и долговечностью;
- отсутствием требований частого технического обслуживания и регулировок в процессе эксплуатации;
- свойством сохранения постоянства упругих и демпфирующих характеристик в течение всего времени эксплуатации;
- способностью эффективно работать в диапазонах низких, средних и высоких частот воздействий;
- автоматически адаптационно подстраивающейся под характер воздействий упруго-демпфирующей характеристикой;

- способностью воспринимать и эффективно гасить как осевые, так и боковые нагрузки, возникающие при вертикальных и угловых колебаниях кабины и панелей приборов.

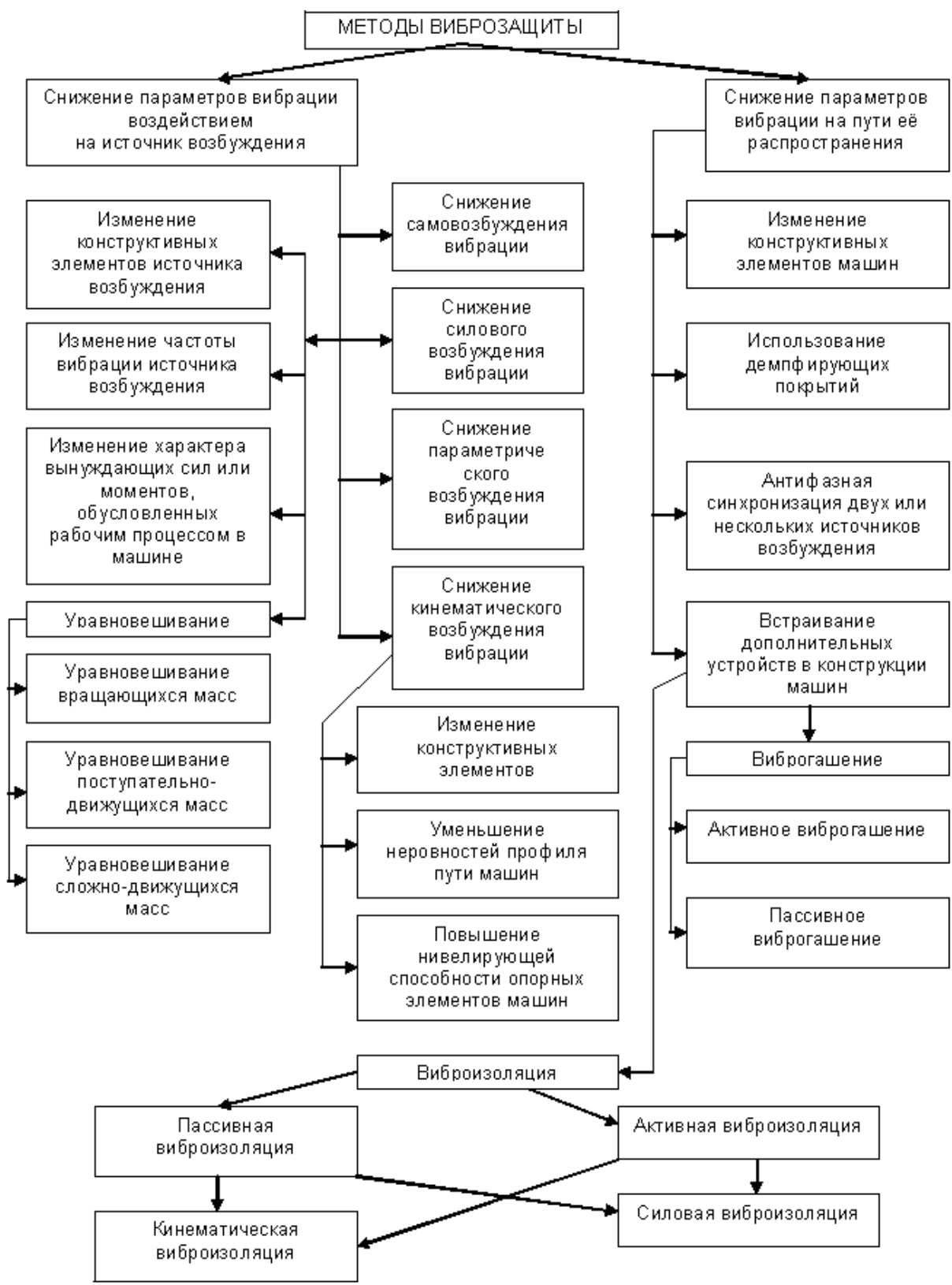


Рисунок 1. Классификация методов вибрационной защиты

Основные причины вибраций в автомобиле.

Вибрация — это механические колебания, сопровождающие работу практически любого механизма. Как правило, она возникает под действием центробежных сил, вызываемых:

- дисбалансом вращающихся узлов — коленвала и маховика двигателя, вентиляторов радиатора и отопителя, сцепления, карданных валов, тормозных дисков и барабанов, колес в сборе с шинами;
- большой разницей масс движущихся деталей — поршней и шатунов мотора.

Балансировка — устранение дисбаланса детали.

Дисбаланс — неуравновешенность, образующаяся из-за неравномерного распределения материала детали, когда центр ее массы не совпадает с осью вращения. Общий дисбаланс узла (агрегата) возникает при неблагоприятном сочетании неуравновешенностей его деталей. Величина дисбаланса измеряется в граммах на миллиметры (г·мм) и равна произведению расстояния от центра масс до оси вращения на массу.

Причины дисбаланса:

- конструктивные — обусловлены особенностями конструкции детали. Например, для накачивания шины на ободе колеса есть вентиль, масса которого нарушает их уравновешенность;
- технологические — связаны с допустимыми отклонениями размеров и параметров (в то числе — дисбаланса) деталей, обеспечивающими их взаимозаменяемость, то есть упрощение изготовления и ремонта узлов. Но иногда неуравновешенности деталей, отбалансированных отдельно, после сборки агрегата могут суммироваться и при совместном вращении вызывать повышенную вибрацию;
- эксплуатационные — неравномерный износ детали, ее деформация, дефекты виброизоляторов и т. д.

Виброизолятор — элемент крепления агрегата (подушка, опора), снижающий передаваемую вибрацию. Как правило, состоит из металлических элементов (арматуры), разделенных резиновым массивом. Могут быть и другие конструкции — гидравлические, пружинные, комбинированные [1, с. 13; 2, с.15].

Существует две группы методов измерения параметров вибрации: контактные, подразумевающие механическую связь датчика с исследуемым объектом, и бесконтактные, т.е. не связанные с объектом механической связью.

Существует ряд методов измерения вибраций.

Контактные методы. Наиболее простыми являются методы измерения вибрации с помощью пьезоэлектрических датчиков. Они позволяют проводить измерения с высокой точностью в диапазоне низких частот и относительно больших амплитуд вибрации, но вследствие своей высокой инерционности, приводящей к искажению формы сигнала делает невозможным измерение вибрации высокой частоты и малой амплитуды. Кроме того, если масса исследуемого объекта, а следовательно и его инерционность не велика, то такой датчик может существенно влиять на характер вибрации, что вносит дополнительную ошибку в измерения.

Эти недостатки позволяет устранить метод открытого резонатора. Суть метода заключается в измерении параметров СВЧ резонатора, изменяющихся вследствие вибрации исследуемого объекта. Резонатор имеет два зеркала, причем одно из них фиксировано, а другое механически связано с исследуемым объектом. Регистрация перемещений при малых амплитудах вибрации производится амплитудным методом по изменению выходной мощности в случае проходной схемы включения резонатора или отраженной мощности, в случае применения оконечного включения. Этот метод измерения требует постоянства мощности, подводимой к резонатору и высокой стабильности частоты возбуждения [3, с.26; 4, с.62].

В случае больших амплитуд вибрации регистрируется смещение резонансной частоты, что можно сделать с очень высокой точностью. Для повышения добротности и уменьшения дифракционных потерь используют сферические зеркала. Разрешающая способность данного метода 3 мкм. Метод обладает малой инерционностью по сравнению с описанным выше, но его применение рекомендуется, если масса зеркала принципиально меньше массы исследуемого объекта [5, с.32].

Однако механическая связь датчика с исследуемым объектом далеко не всегда допустима, поэтому последние годы основное внимание уделяется разработке бесконтактных методов измерения параметров вибрации. Кроме того, их общим достоинством является отсутствие воздействия на исследуемый объект и пренебрежительно малая инерционность.

Все бесконтактные методы измерения вибрации основаны на зондировании объекта звуковыми и электромагнитными волнами.

Одной из последних разработок является метод ультразвуковой фазометрии. Он заключается в измерении текущего значения разности фаз опорного сигнала ультразвуковой частоты и сигнала, отраженного от исследуемого объекта. В качестве чувствительных элементов используется пьезоэлектрическая керамика [6, с.7].

На частоте ультразвука 240 кГц. чувствительность измерения виброперемещения 10 мкм. в диапазоне от 10 до 5\*10 мкм., расстояние до объекта до 1.5 м. На частоте 32 кГц. чувствительность 30 мкм., расстояние до объекта до 2 м. С ростом частоты зондирующего сигнала чувствительность растет.

В качестве достоинств метода можно отметить дешевизну и компактность аппаратуры, малое время измерения, отсутствие ограничения снизу на частотный диапазон, высокую точность измерения низкочастотных вибраций. Недостатками являются сильное затухание ультразвука в воздухе, зависимость от состояния атмосферы, уменьшение точности измерения с ростом частоты вибрации.

Большое распространение получили методы, основанные на зондировании объекта видимым светом. Все оптические методы подразделяются на две группы. К первой относятся методы, основанные на регистрации эффекта Доплера. Простейшим из них является гомодинный метод, который позволяет измерять амплитуды и фазы гармонических вибраций, но с его помощью невозможно исследовать негармонические и большие по амплитуде вибрации. Эти недостатки можно устранить используя гетеродинные методы. Но они требуют калибровки и, кроме того, измерительная аппаратура сильно усложняется [7, с.10].

Существенным недостатком перечисленных выше методов являются высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта. Но они теряют свое значение при использовании голографических методов, которые и образуют вторую группу. Голографические методы обладают высокой разрешающей способностью (до 0.05), но они требуют сложного и дорогостоящего оборудования. Кроме того, время измерений очень велико.

Общими недостатками оптических методов измерения вибрации являются сложность, громоздкость и высокая стоимость оборудования, большое энергопотребление, высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта, высокие требования к состоянию атмосферы (определенная влажность, отсутствие запыленности и т.п.). Кроме того, лазерное излучение оказывает вредное влияние на зрение обслуживающего персонала и требует дополнительных мер предосторожности и защиты.

Часть этих недостатков можно устранить применяя методы, основанные на использовании СВЧ излучения. Они подразделяются на интерференционные и резонаторные. В основе интерференционных методов лежит зондирование исследуемого объекта волнами ВЧ и СВЧ диапазонов, прием и анализ отраженных (рассеянных) объектом волн. Между излучателем и исследуемым объектом в результате интерференции образуется стоячая волна. Вибрация объекта приводит к амплитудной и фазовой модуляции отраженной волны и к образованию сигнала биений. У выделенного сигнала переменного тока амплитуда пропорциональна виброперемещению, а частота соответствует частоте вибрации объекта [7, с.12].

Резонаторные методы основаны на размещении вибрирующего объекта в поле СВЧ резонатора (вне или, хотя бы частично внутри его), вследствие чего изменяются характеристики резонатора. Бесконтактное измерение параметров вибрации резонаторным методом возможно и при включении приемно-передающей антенны в частотнозадающую цепь СВЧ генератора, т.е. при работе в автогенераторном режиме. Такие системы называются автодинными генераторами или просто автодинами [8, с. 20; 9, с.50; 10, с.90].

Промышленностью выпускается миниатюрный виброметр ВК 5М, предназначенный для измерения виброускорения, виброскорости и размаха виброперемещения, он позволяет проводить экспресс-оценку уровня вибрации любого работающего промышленного агрегата.

В задачи исследовательской работы входило – обеспечить на базе конструкции виброметра ВК 5М изготовление переходника для установки на панель приборов автомобиля.

Виброметр ВК 5М измеряет истинное среднеквадратическое значение виброскорости, размах виброперемещения, амплитуду виброускорения. Имеет маркировку взрывозащиты "ExibIBT6". В комплект поставки виброметра ВК-5 М входит щуп и магнитный держатель. Возможно крепление на шпильке. Датчик защищен от перегрузок. Виброметр ВК 5-М имеет индикацию разряда батарей. Чехол для переноски, входящий в комплект, создает дополнительные удобства при работе.

### Литература:

1. Берестовицкий Э. Г., Гуткин Г. М., Пурин А. Т. Установка для исследований ВАХ гидравлических приборов // А.С. СССР № 250813. 1987. С.35-38.
2. Аэродинамический шум в технике / Под редакцией Р. Хиклинга. Пер. с англ. М.1: Мир, 1980. - 336 с.
3. Берестовицкий Э. Г., Гуткин Г. М. Экспериментальная отработка имитаторов гидравлических устройств для проведения виброакустической аттестации гидравлического стенда //Сер. «Корабельная автоматика». 1985. Вып.23, С.18-24.
4. Вибрация энергетических машин. Под ред. Григорьева Н.В. М.: Машиностроение,-1974.- 464 с.
5. Клюкин И. И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на автомобилях. Л.: Автостроение, 1971.- 378 с.
6. Самарин А.А. Вибрация трубопроводов энергетических установок и методы их устранения. М.: Энергия, 1979. - 288 с.

7. Селиванов К.И. Физические источники колебаний в механических системах устройствах. Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1969. вып. -139 с.
8. Detsch F. Stromunquntersuchungen an Gasdruckreqlern mit Rucksicht auf die Gerauschbildung. Energietechnik, 17 1967., С.228 -230.
9. Gosele K., Voigtsberger C.A. Armaturengerausche und Wege zu inner Ver-minderung.-«Journ. of the Acoust. Societi of America», vol .26. 1954.- 134 с.
10. Shah P.L., Howe M.S. Sound generated by a vortex interacting with a rib-stiffened elastic plate.J. Sound and Vibr. 1996, V.197,N1, C.103 -115.

#### References:

1. Berestovitsky E. G., Gutkin, G. M., Purin A. T. system for the study of I-V curves of hydraulic devices // A. C. of the USSR № 250813. 1987. P. 35-38.
2. Aerodynamic noise in engineering / edited by R. Hickling. TRANS. angl. 1 M.: Mir, 1980. -336 p.
3. Berestovitsky E. G., Gutkin, G. M. Experimental testing of hydraulic simulators device for holding vibroacoustic certification hydraulic stand //СЕР. "Ship automation". 1985. Vol.23, Pp. 18-24.
4. The vibration of power machines. Ed. by N. Grigorieva.In. M.: Mashinostroenie,-1974.- 464 p.
5. Klyukin I. I. the Struggle against noise and sound vibration in vehicles. L.: Automotive Products, 1971.-378 S.
6. Samarin, A. A., Vibration of pipelines of power plants and methods of their elimination. M.: Energy, 1979. - 288 p.
7. Selivanov K. I. Physical sources of vibrations in mechanical systems devices. The proceedings of the CRI them. Acad. A. N. Krylov, 1969. vol. -139 C.
8. Detsch F. Stromunquntersuchungen an Gasdruckreqlern mit Rucksicht auf die Gerauschbildung. Energietechnik, 17 1967., С. 228 -230.
9. Gosele K., Voigtsberger C. A. Armaturengerausche und Wege zu Ver inner-minderung.-"Journ. of the Acoust. Societi of America", vol .26. 1954.- 134 p.
10. Shah P. L., Howe, M. S. Sound generated by a vortex interacting with a rib-stiffened elastic plate.J. Sound and Vibr. 1996, V.197,N1, C.103 -115.

#### Сведения об авторах

*Кушнир Валентина Геннадьевна - профессор кафедры машин, тракторов и автомобилей Костанайского государственного университета имени А.Байтұрсынова, доктор технических наук, г. Костанай, ул. Киевская 1 8, тел. 87776370867, e-mail: Kushnir <valkush@mail.ru>*

*Салыков Булат Рахимжанович - доцент кафедры машиностроения Костанайского государственного университета имени А.Байтұрсынова, кандидат технических наук, г. Костанай, ул. Войнов-Интернационалистов .2а, тел.87055701645, e-mail: Salykov bulat@ mail.ru.*

*Бекмухамбетова Шолпан – магистрант 1 курса Костанайского государственного университета имени А.Байтұрсынова, г. Костанай, ул.Каирбекова 56, тел. 87053045008, e-mail: <s.bekmuhambetova@gmail.com>*

*Кушнир Валентина Геннадьевна – А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университетінің машина, трактор және автокөлік кафедрасының профессоры, техникалық ғылымдарының докторы, Қостанай қ, Киевский көшесі 18, тел. 87776370867, e-mail: Kushnir [valkush@mail.ru](mailto:valkush@mail.ru).*

*Салыков Болат Рахимжанович - А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университетінің машина жасау кафедрасының доценті, техникалық ғылымдарының кандидаты, Қостанай қаласы, Войнов-Интернационалистов көшесі, 2А,103 үй, тел. 87055701645, e-mail: Salykov bulat@ mail.ru.*

*Бекмухамбетова Шолпан Амангельдиевна. – 1 курс магистранты, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қаласы, Қайырбеков көшесі, 369 үй, тел. 87 e-mail:s.bekmuhambetova@gmail.com.*

*Kushnir Valentina Gennadyevna. - Professor of the Department of machines, tractors and cars of Kostanay state University named after A. Baitursynov, doctor of technical Sciences, Kostanay, Kievskaya street 1 8, tel: 87776370867, e-mail: Kushnir <valkush@mail.ru>*

*Salykov Bulat Rahimzhanovich - Associate Professor of mechanical engineering Department of Kostanay state University named A. Baitursynov, candidate of technical Sciences, Kostanay, Voinov-Internasionalistov Street .2A, tel: 87055701645. Salykov bulat@ mail.ru.*

*Bekmuhambetova Sholpan – 1st year graduate student master of Kostanay state University named after A. Baitursynov, Kostanay, Kairbekova street 56., tel. 87053045008, e-mail: <s.bekmuhambetova@gmail.com>*,