

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/198TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/198TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/198TVN515>)

**УДК 621.879**

**Алешков Денис Сергеевич**

ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

Россия, г. Омск<sup>1</sup>

Заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: denisaleshkov@mail.ru

**Столяров Владимир Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

Россия, г. Омск

Доцент кафедры «Техносферная безопасность»

Кандидат технических наук

E-mail: stolyarovbgd@rambler.ru

**Суковин Михаил Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

Россия, г. Омск

Доцент кафедры «Техносферная безопасность»

Кандидат технических наук

E-mail: sukovin\_8@mail.ru

## **Снижение эквивалентного уровня вибрации методом совершенствования конструкций элементов виброзащиты строительного-дорожных машин**

---

<sup>1</sup> 644080, Омская обл., г. Омск, проспект Мира, 5

**Аннотация.** Статья описывает работу системы стабилизации положения кабины экскаватора. Приводятся различные варианты возмущающих воздействий на ходовое оборудование экскаватора, находящегося в транспортном режиме. В статье исследовались воздействия, приводящие к поперечным, продольным и вертикальным колебаниям кабины экскаватора. Вначале приведена принципиальная схема работы установленных датчиков, контролирующих положение кабины экскаватора, и описана работа корректирующей подсистемы. В статье также обозначены рекомендованные места установки датчиков для регистрации вертикальных и поперечных колебаний экскаватора. Далее на принципиальной схеме работы системы вибрационной защиты обозначена управляющая и исполнительная подсистемы и приведен алгоритм их действий. Управление системой стабилизации основано на изменении давления внутри резинокордных оболочек. Управляющая подсистема регулирует давление внутри резинокордных оболочек, ориентируясь на показания манометров. Для нагнетания давления используется внешний ресивер, а для понижения давления используются выпускные клапаны. На принципиальной схеме работы системы обозначены также линии прямой и обратной связи между управляющей и исполнительной подсистемами. Основной целью системы вибрационной защиты является снижение показателей вибрационного воздействия на человека-оператора. Исследуемую в статье систему вибрационной защиты возможно адаптировать для различных строительно-дорожных машин.

**Ключевые слова:** экскаватор; транспортный режим; система стабилизации; вибрация; рельеф; датчик колебаний; резинокордная оболочка.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Алешков Д.С., Столяров В.В., Суковин М.В. Снижение эквивалентного уровня вибрации методом совершенствования конструкций элементов виброзащиты строительно-дорожных машин // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/198TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/198TVN515

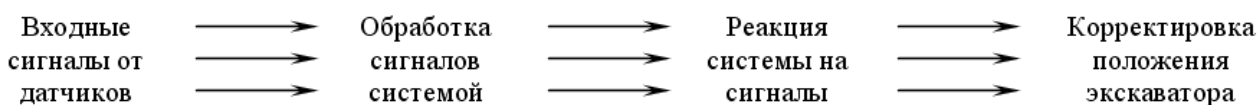
Во время движения по поверхности микрорельефа на экскаватор действуют различные возмущающие воздействия [10; 11]. Для регистрирования показаний воздействия со стороны неровностей микрорельефа используются датчики для измерения вибрации [1; 4; 5].

Для решения поставленных в работе задач необходимо установить два таких датчика в центре переднего моста экскаватора так, чтобы корпус датчика находился в системе координат, которая описывает передний мост экскаватора. Первый датчик необходим для описания продольных колебаний экскаватора, а второй – для описания поперечных колебаний. Также необходим один датчик для регистрации вертикальных колебаний, установленный в центре масс экскаватора [1; 4; 5; 12].

При движении экскаватора по поверхности дороги происходит изменение его горизонтального положения под воздействием неровностей микрорельефа. При наезде какого-либо колеса (колёс) на препятствие (яма или кочка) будет наблюдаться наклон экскаватора в ту или иную сторону с последующим возникновением колебаний. Может существовать множество комбинаций данного рода воздействий, но все они так или иначе будут приводить к поперечным, продольным или вертикальным колебаниям [1; 2; 8; 9].

Расположение двух датчиков для измерения уровня вибрации именно на переднем мосту представляется наиболее рациональным, т.к. автоматическая система управления сможет среагировать на неблагоприятное воздействие до наезда задними колёсами на это же препятствие. Вследствие этого воздействие на кабину, а, следовательно, и на человека-оператора будет минимальным (в идеальном случае оно будет сведено к нулю). Реакция на возмущения, зарегистрированная датчиками, должна быть по времени меньше, чем экскаватор затратит для перемещения на расстояние, равное длине между передним и задним мостами. Только в этом случае можно говорить об эффективности виброзащитной системы.

Схема работы этих датчиков, а также корректирующей системы показана на рисунке 1 и состоит в следующем. При воздействии микрорельефа экскаватор будет изменять своё положение относительно начальных осей координат: это может быть поворот относительно оси OX и/или OY, а также перемещение вдоль оси OZ. В случае поворота относительно оси OX и/или OY датчиком будет послан сигнал системе стабилизации, которая путем изменения давления внутри одной (или нескольких) РКО предотвратит нежелательные колебания кабины и вернет экскаватор в состояние равновесия [1; 3; 5; 7].



**Рис. 1.** Принцип действия системы виброзащиты  
(рисунок авторов - Столяров Владимир Владимирович)

Устройство самой системы показано на рисунке 2. Ее работа состоит в следующем. После прохождения возмущающего воздействия через какой-либо (какие-либо) датчик (датчики) он (они) изменяет (изменяют) свое (свои) положение (положения) в пространстве относительно вертикальной и (или) горизонтальной составляющей (составляющих). Устройство обработки сигналов сравнивает это (эти) положение (положения) с исходным (исходными), после чего подается сигнал (сигналы) либо насосу (для нагнетания дополнительного количества воздуха в одну или несколько РКО), либо выпускному клапану какой-либо (каких-либо) РКО (для удаления излишек воздуха). Нагнетая в РКО или удаляя из нее воздух, мы тем самым увеличиваем или уменьшаем давление внутри оболочки. Если необходим дополнительный объем воздуха, то он, пройдя через ресивер, нагнетается в одну из РКО (несколько РКО), где необходимо создать дополнительное давление. Управление

потоком воздуха осуществляется через распределителей с электромагнитным управлением (аналогично осуществляется управление выпускными клапанами). После корректировки давления воздуха внутри одной (нескольких) РКО кабина экскаватора вернется в исходное положение относительно горизонтальной и (или) вертикальной составляющей (составляющих) [1; 5; 6].

Манометры необходимы для отслеживания давления воздуха внутри этой виброзащитной системы. Сигналы с манометров, а также сигналы на выходе системы передаются обратно устройству обработки сигналов. Это необходимо либо для дальнейшей корректировки (если система, сравнив исходные показатели с откорректированными, найдет несоответствие) либо для завершения работы системы (если откорректированные показатели совпали с исходными) [1; 5; 6].

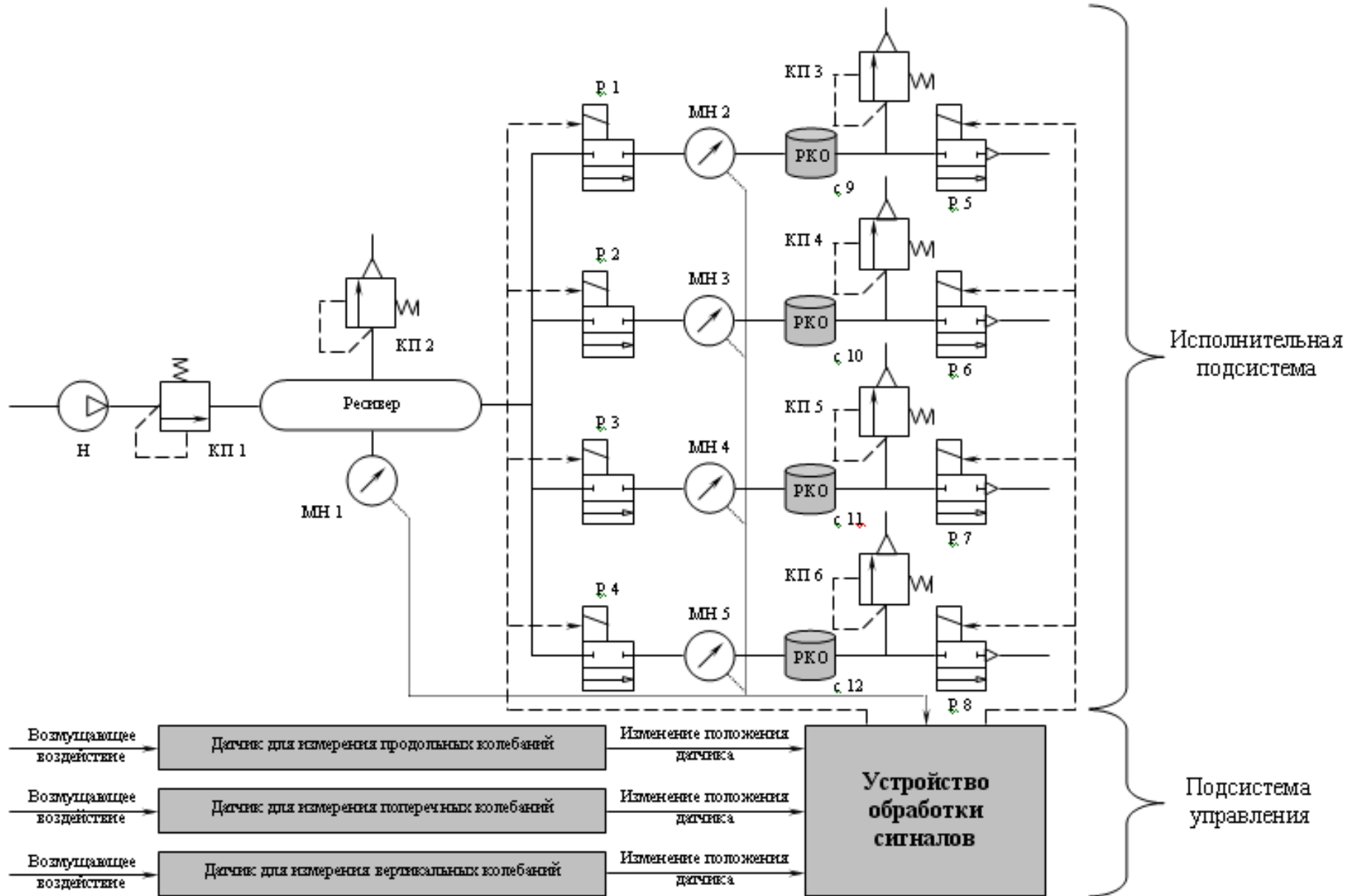


Рис. 2. Устройство системы виброзащиты (рисунок авторов - Столяров Владимир Владимирович)

Также необходимо рассмотреть частный случай, когда воздействие микрорельефа будет носить кратковременный характер и будет одинаковым на все четыре колеса одновременно. В этом случае экскаватор начнет совершать вертикальные колебания вдоль оси  $OZ$ . Датчик вертикальных колебаний, установленный в центре масс экскаватора, зарегистрировав это воздействие должен отправить сигнал системе стабилизации положения. Система стабилизации, отреагировав на воздействие, уменьшит или увеличит давление в РКО, тем самым, предотвратив дальнейшее развитие колебательного процесса, и в более краткие сроки сведет вертикальные колебания к нулю [1; 5].

В зависимости от характера взаимодействия микрорельефа с ходовым оборудованием экскаватора различают несколько вариантов описания работы системы стабилизации положения кабины экскаватора [1; 5].

Вариант 1. Наезд экскаватором на препятствие правым передним колесом.

Рассмотрим вначале ситуацию, когда препятствием является "кочка".

В данном случае правое переднее колесо приподнимается на величину  $\Delta h$ , вследствие чего будет наблюдаться наклон экскаватора вокруг осей  $OX$  и  $OY$ , а также сдвиг вдоль оси  $OZ$ .

Датчик для измерения поперечных колебаний сдвинется на определенный угол  $\gamma$ . Сигнал об изменении угла регистрируется устройством обработки сигналов. Расстояние от переднего моста экскаватора (где и располагаются датчики измерения продольных и поперечных колебаний) до центра масс кабины известно, соответственно, зная угол  $\gamma$ , устройство обработки сигналов сможет вычислить на какую величину необходимо опустить правую переднюю сторону кабины для компенсации внешнего воздействия. Компенсация достигается за счет понижения давления внутри РКО с жесткостью  $s_{12}$ . Зная зависимость жесткости от давления и величины статической осадки, система стабилизации подаст сигнал распределителю с электромагнитным управлением Р8, который перейдет в положение "открыто" и высвободит в атмосферу необходимое количество воздуха, понизив тем самым давление внутри РКО. При снижении давления внутри РКО под воздействием собственного веса кабина экскаватора будет опускаться вниз, компенсируя тем самым наезд на препятствие [1; 5].

В случае, когда препятствием является "яма" будет наблюдаться следующее.

Датчик для измерения поперечных колебаний сдвинется на определенный угол  $-\gamma$ . Сигнал об изменении угла регистрируется устройством обработки сигналов. Далее данное устройство обработает сигнал с учетом знака "-" по аналогичному алгоритму и вычислит на какую величину необходимо поднять правую переднюю сторону кабины для компенсации внешнего воздействия. Компенсация достигается за счет нагнетания дополнительного давления внутри РКО с жесткостью  $s_{12}$ . Зная зависимость жесткости от давления и величины статической осадки, система стабилизации подаст сигнал распределителю с электромагнитным управлением Р4, который перейдет в положение "открыто", и воздух через насос Н, ресивер и распределитель Р4 увеличит давление внутри РКО, а, соответственно, и объем данной РКО. При этом будет наблюдаться подъем той стороны кабины, под которой установлена данная РКО, компенсируя тем самым наезд на препятствие [1; 5].

Вариант 2. Наезд экскаватором на препятствие левым передним колесом.

Также рассмотрим вначале ситуацию, когда препятствием является "кочка".

В данном случае левое переднее колесо приподнимается на величину  $\Delta h$ , вследствие чего будет наблюдаться наклон экскаватора вокруг осей  $OX$  и  $OY$ , а также сдвиг вдоль оси  $OZ$ .

Алгоритм работы системы стабилизации положения кабины экскаватора аналогичен тому, что описан в первом варианте. За исключением того, что изменяться давление будет в РКО с жесткостью  $c_{11}$ , а сигнал будет подаваться распределителю Р7.

В случае, когда препятствием является "яма" будет наблюдаться следующее.

Датчик для измерения поперечных колебаний сдвинется на определенный угол  $-\gamma$ . Сигнал об изменении угла регистрируется устройством обработки сигналов. Далее аналогично вышеописанному алгоритму будет компенсироваться давление внутри РКО с жесткостью  $c_{11}$  через насос Н, ресивер и распределитель Р3. При этом будет наблюдаться подъем той стороны кабины, под которой установлена данная РКО, компенсируя тем самым наезд на препятствие [1; 5].

Существует множество подвидов вариантов 1 и 2:

- одновременный наезд передним правым колесом на "кочки" различной высоты и передним левым колесом в "ямы" различной глубины;
- одновременный наезд передним левым колесом на "кочки" различной высоты и передним правым колесом в "ямы" различной глубины;
- одновременный наезд передним правым колесом на "кочки" различной высоты и передним левым колесом на "кочки" различной высоты;
- одновременный наезд передним правым колесом в "ямы" различной глубины и передним левым колесом в "ямы" различной глубины.

Рассмотрим третий вариант препятствий: "кочки" или "ямы" одинаковой высоты или глубины, возникающие одновременно под обоими передними колесами [1; 5].

Вариант 3. Наезд экскаватором на препятствие правым и левым передними колесами.

Рассмотрим вначале ситуацию, когда препятствием является "кочка".

В данном случае колеса приподнимается на величину  $\Delta h$ , вследствие чего будет наблюдаться наклон экскаватора вокруг оси ОУ, а также сдвиг вдоль оси ОZ.

Датчик для измерения продольных колебаний сдвинется на определенный угол  $\gamma$ . Сигнал об изменении угла регистрируется устройством обработки сигналов. Расстояние от переднего моста экскаватора (где и располагаются датчики измерения продольных и поперечных колебаний) до центра масс кабины известно, соответственно, зная угол  $\gamma$ , устройство обработки сигналов сможет вычислить на какую величину необходимо опустить переднюю часть кабины для компенсации внешнего воздействия. Компенсация достигается за счет понижения давления внутри РКО с жесткостью  $c_{12}$  и РКО с жесткостью  $c_{11}$ . Зная зависимость жесткости от давления и величины статической осадки, система стабилизации подаст сигнал распределителям с электромагнитным управлением Р8 и Р7, которые перейдут в положение "открыто" и высвободят в атмосферу необходимое количество воздуха, понизив тем самым давления внутри РКО. При снижении давлений внутри РКО под воздействием собственного веса кабина экскаватора будет опускаться вниз, компенсируя тем самым наезд на препятствие [1; 5].

В случае, когда препятствием является "яма" будет наблюдаться следующее.

Датчик для измерения продольных колебаний сдвинется на определенный угол  $-\gamma$ . Сигнал об изменении угла регистрируется устройством обработки сигналов. Далее данное устройство обработает сигнал с учетом знака "-" по аналогичному алгоритму и вычислит на какую величину необходимо поднять переднюю часть кабины для компенсации внешнего воздействия. Компенсация достигается за счет нагнетания дополнительного давления внутри

РКО с жесткостью  $s_{12}$  и РКО с жесткостью  $s_{11}$ . Зная зависимость жесткости от давления и величины статической осадки, система стабилизации подаст сигнал распределителям с электромагнитным управлением Р4 и Р3, которые перейдут в положение "открыто", и воздух через насос Н, ресивер и распределители Р4 и Р3 увеличит давления внутри РКО, а, соответственно, и объемы данных РКО. При этом будет наблюдаться подъем той части кабины, под которой установлены данные РКО, компенсируя тем самым наезд на препятствие [1; 5].

Работа данной системы стабилизации положения кабины экскаватора позволяет снизить (а в некоторых случаях и нейтрализовать) негативное воздействие со стороны микрорельефа. Поэтому данная система стабилизации рекомендована для установки на одноковшовые экскаваторы типа ЭО – 2621 в качестве эффективной защиты от вибрации [1; 5].



## ЛИТЕРАТУРА

1. Столяров В.В. Разработка адаптивной системы виброзащиты человека-оператора одноковшового экскаватора второй размерной группы/: Дис. ... канд. техн. наук. - Омск, СибАДИ, 2009.
2. Снижение динамических воздействий на одноковшовый экскаватор: Монография / В.С. Щербаков, П.А. Корчагин. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2000. - 147 с.
3. Столяров В.В., Корчагин П.А. Адаптивная виброзащитная система экскаватора. Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21 – 22 мая 2008 г. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. – Книга 2. с. 39 – 43.
4. Столяров В.В., Корчагин П.А. Датчики виброзащитных систем. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24 – 26 мая 2006 г. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – Книга 3. с. 22 – 31
5. Столяров В.В. Снижение динамических воздействий на человека-оператора одноковшового экскаватора. Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации: матер. Международного конгресса – Омск: СибАДИ, 2013. Кн. 1 -293 с.
6. Столяров В.В., Корчагин П.А. Управление жесткостью резинокордной оболочки. Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2007 г. – №8. с. 83 – 87.
7. Грибов М.М., Жвакин Ю.И. Конструирование амортизационных систем РЭА с помощью моделирования. – М.: "Сов. радио", 1977. – 128 с.
8. Корчагин П.А., Степанов А.И. Снижение динамических воздействий на оператора автогрейдера на базе трактора ЗТМ-82: Монография. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – 84 с.
9. Вибрация в технике: Справочник в 6-ти Т. / Под ред. К.В. Фролова. - М.: Машиностроение, 1981. - 456 с.
10. Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах. – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.
11. Колесников А.Е. Шум и вибрация. – Л.: Судостроение, 1988. – 247 с.
12. Маслов Г.С. Колебания в машинах и элементы виброзащиты: Учеб. пособие / Г.С. Маслов, В.С. Артемьев, В.А. Макаров. – М., 1987. – 92 с.

**Рецензент:** Галдин Николай Семенович, д.т.н., проф., заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод».

**Aleshkov Denis Sergeevich**

Siberian State Automobile and Highway Academy  
Russia, Omsk  
E-mail: [denisaleshkov@mail.ru](mailto:denisaleshkov@mail.ru)

**Stolyarov Vladimir Vladimirovich**

Siberian State Automobile and Highway Academy  
Russia, Omsk  
E-mail: [stolyarovbgd@rambler.ru](mailto:stolyarovbgd@rambler.ru)

**Sukovin Michail Vladimirovich**

Siberian State Automobile and Highway Academy  
Russia, Omsk  
E-mail: [sukovin\\_8@mail.ru](mailto:sukovin_8@mail.ru)

## **The reduction is equivalent to the level of vibration by the method of improving the design elements of vibration protection of building and road machines**

**Abstract.** Article describes the system of stabilizations booth an excavator. There are different variant of outraging influence on sought-after equipment an excavator residing in transport mode. This article investigates the effects leading to transverse, longitudinal and vertical oscillations of the cab of the excavator. Initially, the schematic diagram of operation of multiple sensors monitoring the position of the excavator cab, and describes the corrective subsystem. The article also indicate the recommended installation location of sensors for recording vertical and transverse vibrations of the excavator. Further on the concept of the system of vibration protection of designated management and Executive subsystems and the algorithm of their actions. Management system stabilization based on the change of pressure inside the rubber-cord membranes. The control subsystem regulates the pressure inside the rubber-cord membranes, focusing on the readings of pressure gauges. To add pressure using an external receiver, and to reduce the pressure exhaust valves are used. On the concept of system operation is also emphasized straight lines and feedback between the management and the Executive subsystems. The main purpose of the system of vibration protection is the decrease of vibration exposure on the human operator. The study in the paper the system of vibration protection may be adapted to various road construction machinery.

**Keywords:** excavator; transport mode; system stabilization; vibration; topography; vibration sensor; rubber-cord shell.

## REFERENCES

1. Stolyarov V.V. Razrabotka adaptivnoy sistemy vibrozashchity cheloveka-operatora odnokovshovogo ekskavatora vtoroy razmernoy gruppy/: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - Omsk, SibADI, 2009.
2. Snizhenie dinamicheskikh vozdeystviy na odnokovshovyy ekskavator: Monografiya / V.S. Shcherbakov, P.A. Korchagin. - Omsk: Izd-vo SibADI, 2000. - 147 s.
3. Stolyarov V.V., Korchagin P.A. Adaptivnaya vibrozashchitnaya sistema ekskavatora. Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noy infrastruktury na osnove ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: Materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, 21 – 22 maya 2008 g. – Omsk: Izd-vo SibADI, 2008. – Kniga 2. s. 39 – 43.
4. Stolyarov V.V., Korchagin P.A. Datchiki vibrozashchitnykh sistem. Problemy proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii transportnykh sooruzheniy: Materialy I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, 24 – 26 maya 2006 g. – Omsk: Izd-vo SibADI, 2006. – Kniga 3. s. 22 – 31
5. Stolyarov V.V. Snizhenie dinamicheskikh vozdeystviy na cheloveka-operatora odnokovshovogo ekskavatora. Arkhitektura. Stroitel'stvo. Transport. Tekhnologii. Innovatsii: mater. Mezhdunarodnogo kongressa – Omsk: SibADI, 2013. Kn. 1 -293 s.
6. Stolyarov V.V., Korchagin P.A. Upravlenie zhestkost'yu rezinokordnoy obolochki. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. – 2007 g. – №8. s. 83 – 87.
7. Gribov M.M., Zhvakin Yu.I. Konstruirovaniye amortizatsionnykh sistem REA s pomoshch'yu modelirovaniya. – M.: "Sov. radio", 1977. – 128 s.
8. Korchagin P.A., Stepanov A.I. Snizhenie dinamicheskikh vozdeystviy na operatora avtogreydera na baze traktora ZTM-82: Monografiya. – Omsk: Izd-vo SibADI, 2003. – 84 s.
9. Vibratsiya v tekhnike: Spravochnik v 6-ti T. / Pod red. K.V. Frolova. - M.: Mashinostroenie, 1981. - 456 s.
10. Ivanov N.I. Bor'ba s shumom i vibratsiyami na putevykh i stroitel'nykh mashinakh. – M.: Transport, 1987. – 223 s.
11. Kolesnikov A.E. Shum i vibratsiya. – L.: Sudostroenie, 1988. – 247 s.
12. Maslov G.S. Kolebaniya v mashinakh i elementy vibrozashchity: Ucheb. posobie / G.S. Maslov, V.S. Artem'ev, V.A. Makarov. – M., 1987. – 92 s.