

УДК 621.9: 691.31

Ультразвуковое устройство для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащее динамический гаситель колебаний

Л.А. Мамаев^a, В.Б. Кашуба^b, М.В. Бережной^c, П.А. Войцеховский^d

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^apro_uch@brstu.ru, ^bplemja@rambler.ru, ^cmikhail.28.10.90@mail.ru, ^dpashavs@bk.ru

Статья получена 12.06.2013, принята 20.08.2013

В статье указываются преимущества ультразвуковой технологии обработки твердых и хрупких материалов (высокое качество обработанной поверхности, универсальность и безопасность производства) и ряд серьезных недостатков данной технологии (существенное уменьшение производительности с увеличением глубины обработки, малая площадь контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью, большая энергоемкость процесса и низкий КПД оборудования). Даются обзор и анализ существующих ультразвуковых устройств для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащих динамический гаситель колебаний. Для преодоления перечисленных недостатков при сохранении принципа работы существующих ультразвуковых устройств предлагается новая конструкция для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащая динамический гаситель колебаний, которая позволяет увеличить производительность технологического процесса обработки за счет трех рабочих органов, которые установлены симметрично по окружности так, что образуют тандем (балансиры) в поперечном к траверсе направлении и упруго соединены с гасителем наведенных внешних вибровозмущений, который обеспечивает гарантированное гашение колебаний в широком диапазоне низкочастотного спектра, тем самым обеспечивая высокое качество обработки поверхностей изделий из искусственного и природного камня, хрупких и труднообрабатываемых материалов. Также на скорость и качество обработки влияют кавитация и потоки абразива суспензии, которые усиливают циркуляцию абразивных зерен, способствуя замене отработанных зерен на новые и выносу частиц разрушенного материала через патрубок отвода отработавшей суспензии.

Ключевые слова: ультразвуковое устройство, гаситель колебаний, обработка поверхности.

Ultrasonic device for surface treatment of natural and artificial stone equipped with dynamic damper

L.A. Mamaev^a, V.B. Kashuba^b, M.V. Berezhnoy^c, P.A. Wojciechowski^d

Bratsk State University, 40 Makarenko st., Bratsk, Russia

^apro_uch@brstu.ru, ^bplemja@rambler.ru, ^cmikhail.28.10.90@mail.ru, ^dpashavs@bk.ru

Received 12.06.2013, accepted 20.08.2013

The article points out the advantages of ultrasonic technology for processing hard and brittle materials (high quality of the machined surface, production universality and safety). A number of its serious drawbacks such as a significant performance decrease due to the increase in processing depth, small contact area of the tool with the working surface, high power-intensity of the process and low equipment efficiency are highlighted as well. It also provides an overview and analysis of the existing ultrasonic devices for the surface treatment of natural and artificial stone equipped with the dynamic damper. To overcome the above-mentioned drawbacks while maintaining the operational principle of the existing ultrasound devices, a new design to process the natural and artificial stone surface equipped with a dynamic damper, which allows improving the performance of the treatment process due to the three operating devices. They are symmetrically arranged in a circumferential direction to form a tandem (rocker bars) set transversely to the cross bar and elastically connected to the outer damper of the induced vibrodisturbance. It provides guaranteed vibrations damping in a wide range of low-frequency spectrum, thereby ensuring the high quality surface treatment of the products made of artificial and natural stone, brittle and hard-to-machine materials. Besides, the speed and quality of processing are influenced by cavitation and abrasive slurry flows that increase the abrasive grains circulation contributing to the replacement of the spent grains by the new ones and the removal of the damaged material particles through the spent suspension discharge tube.

Keywords: ultrasound device, damping, surface treatment.

Введение. Изделия из искусственного и природного камня обладают устойчивостью к атмосферным воздействиям, высокой прочностью, износостойкостью, долговечностью, морозостойкостью, малой величиной водопоглощения, а также исключительными эстетиче-

скими свойствами. Эти преимущества обуславливают высокий спрос на строительные материалы из искусственного и природного камня, что в свою очередь требует развития способов обработки, проектирования новых станков и рабочих органов камнеобрабатываю-

щих машин. С 1980-х годов широкое распространение получил ультразвуковой метод обработки твердых и хрупких материалов. Данный способ обладает рядом преимуществ: обеспечивает высокое качество обработанной поверхности, универсальность и безопасность производства.

Вместе с тем следует отметить, что ультразвуковая технология поверхностной обработки имеет ряд серьезных недостатков. Наблюдается существенное уменьшение производительности с увеличением глубины обработки. Малая площадь контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью также не способствует увеличению и без того невысокой производительности. К недостаткам существующих опытно-промышленных ультразвуковых станков следует отнести также большую энергоемкость процесса и низкий КПД оборудования.

Цель. Предложить новое техническое решение, которое позволило бы устранить ряд конструктивных недостатков, присущих ранее разработанным ультразвуковым устройствам для поверхностной обработки природного и искусственного камня.

Для реализации этой цели необходимо решить следующие **задачи:** увеличить число рабочих насадок в структуре рабочего органа, решить вопрос о гашении низкочастотного спектра наведенных внешних вибровозмущений, создать условия для удержания под действием кавитации абразива суспензии в зоне действия рабочего органа и обеспечить одностороннюю направленность ультразвукового излучения посредством буфера.

На рис. 1 представлено техническое решение [1, 3], позволяющее повысить производительность процесса обработки поверхностей природного и искусственного камня.

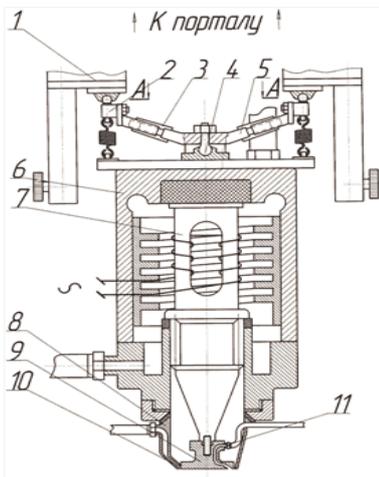


Рис. 1. Ультразвуковое устройство для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащее динамический гаситель колебаний

Устройство работает следующим образом. Между рабочей насадкой 9 и поверхностью обрабатываемого материала находится слой суспензии, состоящий из смеси воды и абразива. Рабочая насадка, совершая высокочастотные вертикальные колебания, осуществляет рабочий процесс. Суспензия подается в рабочую зону по каналу 11. Изолирующий кожух 8 удерживает суспензию в рабочей зоне. Отвод отработавшей суспензии

осуществляется через коллектор 10. Охлаждение магнитострикционного вибровозбудителя осуществляется путем циркулирования охлаждающей жидкости в верхнем корпусе 6. Для устранения наведенных внешних вибраций используется гаситель колебаний, который, используя систему управления, вносит корректирующие поправки путем настройки положения инерционных элементов 2 за счет работы регулирующего устройства 3, изменяющего расстояния от шарнира 4 до места крепления рабочего органа. Недостатком данной конструкции является низкая производительность при обработке поверхностей большой площади, что ограничивает возможности ее практического применения.

На рис. 2 представлена схема устройства для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащая два ультразвуковых рабочих органа [2].

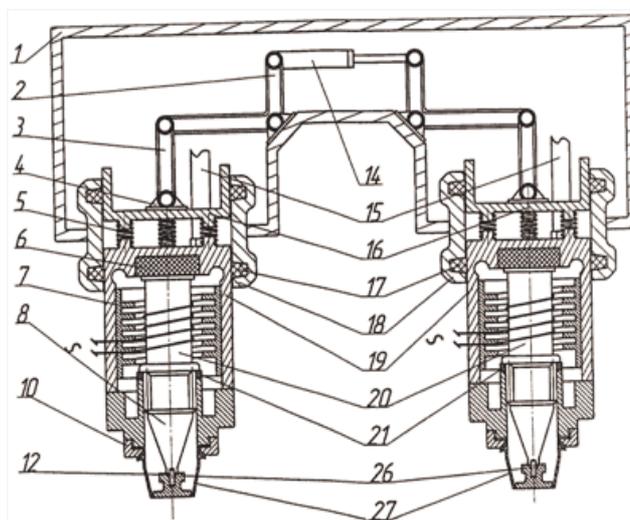


Рис. 2. Ультразвуковое устройство для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащее два рабочих органа и динамический гаситель колебаний

Устройство работает следующим образом. Между рабочей насадкой 26 и поверхностью обрабатываемого материала находится слой суспензии. Рабочая насадка, совершая высокочастотные вертикальные колебания, осуществляет рабочий процесс. Суспензия подается в рабочую зону по каналу 25. Изолирующий кожух 27 удерживает суспензию в рабочей зоне. Отвод отработавшей суспензии осуществляется через коллектор 13. Охлаждение магнитострикционного вибровозбудителя осуществляется путем циркуляции охлаждающей жидкости в верхнем корпусе 19. Конструкция устройства выполнена в виде тандема симметрично расположенных рабочих органов, кинематически соединенных системой рычагов, расположенных в корпусе гасителя наведенных колебаний. Наведенные внешние вибровоздействия воспринимаются верхним корпусом 19 через пружины 5 на основания первичных рычагов 16. От оснований колебания через первичные рычаги 3 передаются Г-образным рычагам 2, в конечном итоге, на амортизатор 14. Перемещение устройства осуществляется путем передвижения вдоль подвижной траверсы технологической машины. К недостаткам данной конструкции также можно

отнести сравнительно невысокую производительность вследствие того, что посередине обрабатываемой поверхности остается необработанный участок, который приходится проходить заново.

Для преодоления перечисленных недостатков данных устройств, при сохранении принципа их работы, предлагается конструкция ультразвукового устройства, показанная на рис. 3 [4].

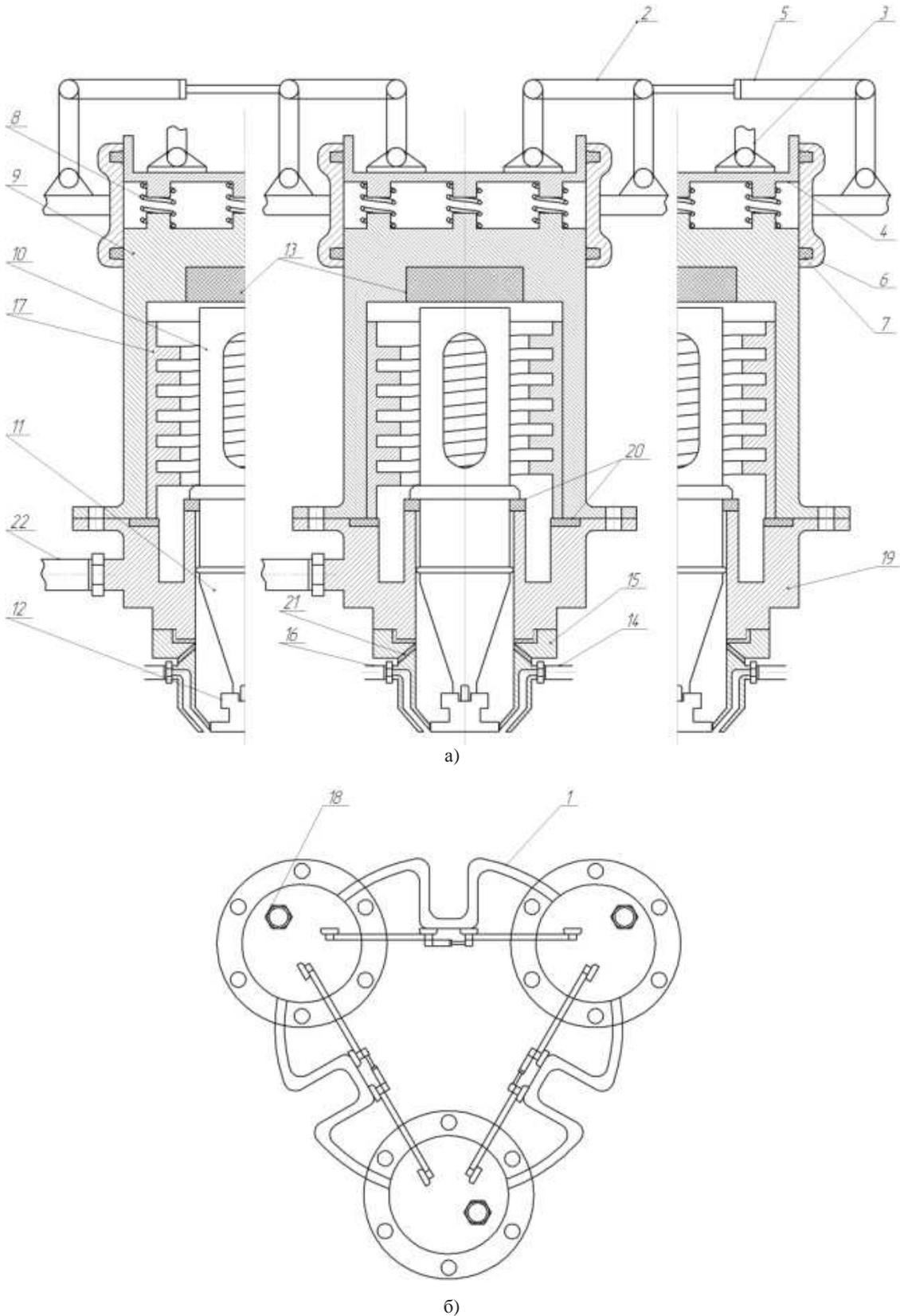


Рис. 3. Ультразвуковое устройство, содержащее три рабочих органа и динамический гаситель колебаний: а) – схема устройства в разрезе, б) – вид сверху

Состав. Предлагаемое устройство закреплено на имеющей возможность передвижения по траверсе каретке и состоит из трех рабочих органов, которые установлены симметрично по окружности, так, что образуют тандем (балансиры) в поперечном к траверсе направлении и упруго соединены с гасителем наведенных внешних вибровозмущений, который, в свою очередь, представляет собой балансир в виде системы, состоящей из шести П-образных рычагов 2, шести первичных рычагов 3, трех оснований первичных рычагов 4, амортизатора 5.

В верхнюю часть корпуса симметрично смонтированы две гильзы 6, содержащие уплотнительные кольца 7. На основаниях первичных рычагов 3 на пружинах 8 симметрично подвешены три рабочих органа для поверхностной обработки искусственного и природного камня. Внутри верхнего корпуса 9 рабочего органа закреплен магнитострикционный вибровозбудитель, состоящий из магнитостриктора 10 с концентратором 11, к которому посредством резьбового соединения крепится рабочая насадка 12. Между магнитостриктором 10 и верхним корпусом 9 установлен буфер 13. Нижний корпус 19 рабочего органа крепится к верхнему корпусу 9 шестью винтами, и соответственно, в верхнем корпусе 9 для этого нарезана резьба. Нижний корпус 19 представляет собой рабочую головку, содержащую систему подачи абразива, рабочую насадку 12 и систему отвода отработавшей суспензии абразива.

Рабочую насадку 12 окружает изолирующий кожух 15, который посредством резьбового соединения крепится к нижнему корпусу 19 через упругую резиновую прокладку 21. С противоположных сторон изолирующего кожуха 15 имеются каналы для подачи и отвода суспензии. С одной стороны изолирующего кожуха крепится патрубок подачи суспензии 14, содержащий абразив. С другой стороны изолирующего кожуха крепится патрубок отвода отработавшей суспензии 16. В верхнем корпусе 9 установлены охлаждающий стакан 17 и шланг подачи охлаждающей жидкости 18. В нижнем корпусе 19 установлены резиновые манжеты 20 разного диаметра, предназначенные для изоляции рабочей области от охлаждающей жидкости, и шланг отвода охлаждающей жидкости 22.

Устройство работает следующим образом. В технологическую зону смесь зерен с водой через патрубок подачи суспензии 14 подается между излучающей поверхностью рабочей насадки 12 и обрабатываемым изделием. Инструмент с амплитудой колебаний, которая составляет порядка 0,01-0,05 мм, ударяет по зернам абразива, которые в свою очередь наносят удары по обрабатываемой поверхности и посредством скалывания разрушают материал изделия в зоне ультразвуковой обработки. Чтобы вибратор работал в режиме одностороннего излучения, посредством буфера 13 создается воздушная подушка, приводящая к отражению от нее энергии, причем фаза колебаний будет изменяться на 180° и, следовательно, отраженные колебания будут складываться по фазе с излучаемыми колебаниями рабочей поверхности, что приведет к увеличению излучаемой мощности вибратора.

Изолирующий кожух 15 удерживает суспензию в рабочей зоне. Кавитация и потоки абразива суспензии

усиливают циркуляцию абразивных зерен, способствуя замене отработанных зерен на новые и выносу частиц разрушенного материала через патрубок отвода отработавшей суспензии 16. Охлаждение магнитострикционного вибровозбудителя осуществляется путем циркуляции охлаждающей жидкости в верхнем корпусе 9. При работе приводов перемещения каретки возникают наведенные внешние вибрации, передающиеся на рабочие органы и траверсу технологической машины, что оказывает негативное влияние на чистоту обработки поверхности. Наведенные внешние вибровоздействия воспринимаются верхним корпусом 9 через пружины 8 на основаниях первичных рычагов 4. От оснований колебания через первичные рычаги 3 передаются П-образным рычагам 2 и, в конечном итоге, на амортизатор 5. Перемещение устройства осуществляется путем передвижения вдоль подвижной траверсы технологической машины.

Выводы

Преимущества данного устройства заключаются в увеличении производительности технологического процесса обработки за счет трех рабочих органов, которые установлены симметрично по окружности так, что образуют тандем (балансиры) в поперечном к траверсе направлении и упруго соединены с гасителем наведенных внешних вибровозмущений, который обеспечивает гарантированное гашение колебаний в широком диапазоне низкочастотного спектра, обеспечивая тем самым высокое качество обработки поверхностей изделий из искусственного и природного камня, хрупких и труднообрабатываемых материалов. Также на скорость и качество обработки влияют кавитация и потоки абразива суспензии, которые усиливают циркуляцию абразивных зерен, способствуя замене отработанных зерен на новые и выносу частиц разрушенного материала через патрубок.

Литература

1. Белокобыльский С.В., Елисеев С.В., Мамаев Л.А., Кашуба В.Б., Ситов И.С., Войцеховский П.А. Ультразвуковое устройство для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащее динамический гаситель колебаний: пат. 119678 U1 Рос. Федерация. № 2009126288/11; заяв. 03.11.11; опубл. 27.08.12, Бюл. № 24. 6 с.
2. Белокобыльский С.В., Елисеев С.В., Мамаев Л.А., Кашуба В.Б., Ситов И.С., Войцеховский П.А. Ультразвуковое устройство для поверхностной обработки природного и искусственного камня, содержащее динамический гаситель колебаний: пат. RU 113693 U1 Рос. Федерация. № 2006123299/11; заяв. 04.08.11; опубл. 27.02.12, Бюл. № 6. 7 с.
3. Мамаев Л.А., Кашуба В.Б., Войцеховский П.А. Ультразвуковое оборудование для поверхностной обработки искусственного и природного камня // Материалы XI ежегодной научно - практической конференции «Кулагинские чтения» Чита, 2011. Ч. 3. С. 5-7.
4. Белокобыльский С.В., Кашуба В.Б. Обобщенная теория динамических гасителей колебаний технологических машин // Проблемы механики современных машин: материалы V междунар. конф. Улан-Удэ, 2012. Т. 2. С. 204-213.

References

1. Belokobyl'sky S.V., Eliseev S.V., Mamaev L.A., Kashuba V.B., Sitov I.S., Wojciechowski P.A. The ultrasound device for the surface treatment of natural and artificial stone equipped with a dynamic vibration absorber: pat. RU 119678 U1 Ros. Federatsiya. № 2009126288/11; zayavl. 03.11.2011, opubl. 27.08.2012. Byul. № 24. 6 s.

2. Belokobyl'sky S.V., Eliseev S.V., Mamaev L.A., Kashuba V.B., Sitov I.S., Wojciechowski P.A. The ultrasound device for the surface treatment of natural and artificial stone equipped with a dynamic vibration absorber: pat. RU 113693 U1 Ros. Federatsiya. № 2006123299/11; zayavl. 04.08.2011, opubl. 27.02.2012. Byul. № 6. 7 s.

3. Mamaev L.A., Kashuba V.B., Wojciechowski P.A. The ultrasonic equipment for the surface treatment of artificial and natural stone // Mate-

rialy XI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Kulaginskie chteniya". Chita, 2011. Ch. 3. S. 5-7.

4. Belokobyl'sky S. V., Kashuba V.B. The generalized theory of dynamic vibration absorbers in technological machines// Problemy mekhaniki sovremennykh mashin: Materialy V mezhdunar. konf. Ulan-Ude, 2012. T.2. S. 204-213.

УДК 691.327

Оценка надежности работы бульдозеров

В.Н. Анферов^{1, a}, С.М. Кузнецов^{1, b}, С.И. Васильев^{2, c}

¹Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Д. Ковальчук 191, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 82, Красноярск, Россия

^aavn43@mail.ru, ^bksm56@yandex.ru, ^cS-vasilev1@yandex.ru

Статья поступила 15.06.2013, принята 16.08.2013

Авторами предложена модель оценки надежности работы бульдозеров. С помощью этой модели можно оценить эффективность и надежность работы бульдозеров и других строительных машин на любом объекте. Это позволит наиболее достоверно прогнозировать сроки производства отдельных видов работ и их стоимость еще на стадии проектирования строительства. В статье определены показатели технической и организационно-эксплуатационной надежности и дана оценка надежности производства строительно-монтажных работ. Для оценки надежности транспортно-технологического процесса авторами статьи предложено понятие надежности как вероятности достижения комплексом машин и механизмов конечной цели при выполнении проекта производства работ. К числу основных показателей надежности работы строительных машин относится коэффициент использования по времени в течение рабочих смен или года. Величина указанного коэффициента требует постоянного мониторинга, поскольку идет процесс технического совершенствования строительных машин на основе накапливаемого опыта их применения. Это характерно для большинства типов строительных машин: экскаваторов, бульдозеров, трубоукладчиков, грузоподъемных кранов и других машин. Доказательство обоснованности сформированной базы данных на основе натурных испытаний осуществлялось в два этапа проверки: логической и математической. Сформированная выборка проверялась на принадлежность соответствующему закону распределения. После этого оценивалась надежность выполнения планируемого объема земляных работ в намеченный отрезок времени. Авторами рассматривались три вида коэффициентов использования машин по времени: при отказе техники, при организационной надежности и организационно-технологической надежности производства работ бульдозерами. Такой подход позволил с высокой точностью прогнозировать сроки выполнения работ. Использование предлагаемого метода по прогнозированию надежности работы бульдозеров может быть распространено на любой тип техники и позволит получить численные значения оценки надежности, что весьма актуально при выборе не только типа техники, но и ее скоростных и грузовых характеристик.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, организационно-технологический риск, строительные машины.

Assessment of bulldozers operation reliability

V.N. Anferov^{1, a}, S. M. Kuznetsov^{1, b}, S.I. Vasil'yev^{2, c}

¹Siberian Transport University, 191 D. Koval'chuk st., Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal University, 82 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia

^aavn43@mail.ru, ^bksm56@yandex.ru, ^cS-vasilev1@yandex.ru

Received 15.06.2013, accepted 16.08.2013

The authors have proposed a model to assess the bulldozers operation reliability. By means of this model, it is possible to estimate the operation efficiency and reliability of bulldozers and other building machinery on any project. This will allow predicting most reliably the periods of work execution and their cost at the construction design stage. In the article, the indicators of technical-organizational and operational reliability have been determined and the reliability assessment to perform construction and assembly works has been given. To assess the reliability of transport and operating process, the authors of the article have proposed the concept of reliability as a hitting probability for a set of machines and mechanisms to achieve an ultimate goal when implementing project works. One of the major factors of building machinery operation reliability is the timed operation factor during working shifts or a year. This coefficient value requires permanent monitoring because the process of the building machinery technological improvement occurs on the basis of the experience accumulated in the process of their employment. This is common with the majority of machine types such