

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Крутовой Вероники Александровны на тему:
«Научное обоснование способов снижения виброакустических характеристик мостовых кранов при проектировании и эксплуатации»,
представленную на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика

1. Актуальность темы диссертации

Повышенные уровни шума и вибрации, создаваемые мостовыми кранами, ухудшают условия труда, как в производственных помещениях, так и на рабочих местах крановщиков. Воздействие повышенных уровней шума и вибрации приводит к излишней утомляемости операторов мостовых кранов, что может повлиять на безопасность как самих операторов, так и другого персонала, работающего в зоне действия крана. Анализ виброакустических характеристик мостовых кранов показал, что в большинстве случаев конструкции таких кранов далеки от оптимальных характеристик по уровню воздействия шума и вибрации. Вопрос влияния шума и вибрации на персонал в производственных помещениях при работе мостовых кранов недостаточно изучен.

В связи с вышеизложенным, снижение уровней шума и вибрации мостовых кранов является важной научно-технической и социально-экономической проблемой, что и определяет актуальность темы докторской диссертации Крутовой В.А.

2. Оценка содержания диссертации

Диссертация изложена на 257 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6-ти глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 213 наименований, содержит 15 таблиц, 62 рисунка и приложения на 5 страницах со сведениями о внедрении.

В первой главе автором проанализировано состояние проблемы. Анализ показал, что мостовые краны вносят существенный вклад в формирование повышенных уровней шума в производственных помещениях. Основными источниками шума мостовых кранов являются рельсы, колесные пары, электродвигатели и редукторы механизмов подъема груза и перемещения тележек. Процессы шумообразования мостовых кранов в существующих литературных источниках изучены только для кабин, а процессы формирования акустического поля, создаваемого мостовыми кранами в производственных помещениях практически не изучены. Проведено моделирование виброакустической динамики рельса на участке пути с балластным слоем, моделирование виброакустической динамики рельса на шпалах,

моделирование виброакустической динамики узла колесных пар. Однако математическая модель виброакустической динамики рельса требует значительных уточнений, так как построена для колебательной системы рельса, установленного на шпалах. Условия закрепления рельса мостового крана соответствуют схеме балок, жестко заземленных на стенах производственных помещений. Кроме того, не учтены такие источники, как узлы колесных пар, не изучены диссипативные характеристики вышеперечисленных источников, которые необходимы для расчета их виброакустических характеристик на этапе проектирования мостовых кранов.

Таким образом, проблема изучения закономерностей процесса шумообразования мостовых кранов в производственных помещениях является актуальной для машиностроительной отрасли, что и позволило сформулировать цель диссертации и задачи исследования.

Во второй главе автором проведены теоретические исследования распространения шума и вибрации мостовых кранов в производственных помещениях. Получены теоретические зависимости уровней звукового давления в производственных помещениях, генерируемых мостовыми кранами с учетом их компоновки и геометрических размеров. Автором предлагается расчет уровней звуковой мощности отдельных источников и, соответственно, уровней звукового давления мостового крана в производственном помещении сводится к определению скоростей колебаний отдельных источников на их собственных частотах колебаний, т.е. спектра вибраций. В аналитических зависимостях учтены геометрические параметры (длина, высота, площадь поперечного сечения, момент инерции) рельса, физико-механические (плотность, модуль упругости, эффективный коэффициент потерь колебательной энергии) и силовое воздействие.

В результате проведенных исследований получены зависимости, которые позволяют определить уровни звукового давления на каждой собственной частоте колебаний и энергетически просуммировать по количеству частот, попадающих в соответствующие октавы, т.е. фактически и определить спектры вибрации и шума.

В третьей главе автором приведены результаты экспериментальных исследований уровней шума и вибрации мостовых кранов. В качестве объектов исследования были выбраны мостовые краны, эксплуатируемые в механосборочных цехах, и козловые краны, эксплуатируемые в складских помещениях. Результаты исследований показали, что звуковое излучение мостовых кранов различной грузоподъемности создает повышенные уровни шума в производственных помещениях не только при движении крана, но и подъеме

и опускании груза. Влияние звукового излучения крана на формирование спектрального состава уровней звукового давления, в основном, проявляется в области частот 250-2000 Гц и при реализации технологического процесса, фактически создавая превышения над предельно допустимыми уровнями.

Исследование уровней вибрации мостовых кранов показало, что наибольшие уровни зафиксированы в интервале частот 8-63 Гц, то есть в диапазоне частот, в котором наблюдаются превышения уровней вибрации на рабочих местах крановщиков. Установлено, что основными источниками вибрации мостовых кранов являются редукторы механизмов подъема и перемещения.

В результате проведенных исследований автором выявлено, что наиболее технически обоснованным способом снижения вибрации является модернизация подшипников качения.

В четвертой главе изучены закономерности возбуждения вибраций и звукового излучения замкнутых стержневых систем на примере несущих рам кранов, а также каркаса кабин с большой площадью остекления. На основе экспериментальных данных коэффициентов потерь колебательной энергии колес, осей колесных пар и элементов несущих рам получены регрессионные зависимости, позволяющие существенно уточнить виброакустические расчеты объектов исследования. Разработан общий алгоритм расчета акустических характеристик мостовых кранов.

В пятой главе приведен общий алгоритм расчета уровней звукового давления кранов на этапе их проектирования по критерию выполнения санитарных норм по уровням шума. Предложенный алгоритм инженерного расчета спектров вибрации и шума мостовых кранов предусматривает возможность на этапе проектирования определить количественный вклад каждого отдельного источника в формирование акустического поля в производственном помещении, определить превышения над предельно-допустимыми величинами и выбрать наиболее эффективные и технологичные способы снижения шума и вибрации.

В шестой главе представлены инженерные решения по снижению уровней шума и вибрации объектов исследования. В качестве мероприятий предлагается замена подшипников качения редукторов механизмов подъема груза и перемещения тележки на подшипники скольжения, замену конических подшипников колес на аналогичные подшипники скольжения, установку вибродемпфирующих элементов на шейку рельса, установку рельса на виброизолирующие элементы, применение системы звукоизоляции

узла колесных пар, установку звукопоглощающих облицовок на участки стен производственного помещения. Для снижения интенсивности звукового излучения элементов остекления кабин козловых кранов между уплотнениями и стенками кабины наносится вибропоглощающая мастика. Вышеуказанные мероприятия позволили снизить уровни шума и вибрации до предельно допустимых уровней.

Работа имеет законченный характер, логично изложена и аргументирована.

Содержание диссертации соответствует предметной области п.10 предметной области специальности 1.3.7 – Акустика - Акустические шумы и вибрации.

Научная новизна рецензируемой работы

Научная новизна диссертации представлена четырьмя позициями. Автором предложен общий подход теоретической оценки виброакустических характеристик мостовых кранов на этапе их проектирования и эксплуатации.

Разработаны модели виброакустической динамики общей колебательной системы мостовых кранов, элементы которой существенно различаются геометрическими и физико-механическими параметрами, и частотным составом излучаемой звуковой энергии.

Получены аналитические зависимости и описаны закономерности формирования спектрального состава ожидаемых уровней виброакустических характеристик мостовых кранов, что позволяет обосновать общие принципы акустического проектирования мостовых кранов различной номенклатуры и предложить рациональные конструкции шумовиброзащиты для обеспечения санитарных нормативов по шуму и вибрации.

По каждому из заявленных научных положений соискатель провел исследования с использованием современных методик и обработку экспериментальных данных, доказывающих обоснованность представленных положений.

Научная и практическая значимость работы заключается в том, что автором предложена методика расчета виброакустических характеристик широкой номенклатуры мостовых кранов.

Уточнены существующие математические модели виброакустической динамики основных источников шума и вибрации мостовых кранов, а также закономерности формирования диссипативной функции общей колебательной системы объектов исследования, так и основных ее элементов, что позволяет повысить точность расчета уровней звукового давления на этапе проектирования.

Разработан комплекс технических решений по обеспечению виброакустической безопасности, включающий снижение шума основных источников, охватывающий

комплекс мероприятий шумовиброзащиты, основанный на обеспечении требуемых значений звукопоглощения, звукоизоляции и вибропоглощения.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных автором результатов подтверждается их непротиворечивостью, корректным использованием физических принципов распространения шума и вибрации, применением математических расчетных методов, а также комплексом результатов экспериментальных исследований. В конце работы представлено заключение, включающее 11 выводов.

Первый вывод констатирует факт превышений уровней звукового давления в производственных помещениях, где эксплуатируются мостовые краны.

Второй вывод касается степени изученности вопросов виброакустической безопасности мостовых кранов. Анализ, проведенный автором показал, что данные вопросы изучены мало.

Вывод достоверен.

Третий вывод свидетельствует о том, что автором разработана модель виброакустической динамики акустической системы мостовых кранов и выделены основные ее элементы, такие как рельсы, узлы колесных пар и несущей рамы.

Вывод достоверен.

Четвертый вывод касается аналитических выражений, полученных для расчета звукового давления, учитывающих параметры производственного помещения, геометрические, физико-механические характеристики источников и их компоновку в общей акустической системе мостовых кранов, а также условия эксплуатации – скорость перемещения, вес поднимаемого (опускаемого) груза.

Вывод достоверен.

Пятый вывод посвящен разработанной методике инженерного расчета спектров вибрации и шума мостовых кранов, позволяющей на этапе проектирования определить уровни звукового давления каждого отдельного источника и всей акустической системой мостовых кранов, выявить их количественный вклад в формирование звукового поля в производственном помещении и превышения над предельно-допустимыми величинами. Эти данные и позволяют выбрать инженерные решения по достижению предельно допустимых уровней шума и вибрации.

Вывод достоверен.

Шестой вывод о проведенных экспериментальных исследованиях уровней шума и вибрации мостовых кранов различной грузоподъемности, проведенных в условиях их

реальной эксплуатации, позволяет подтвердить правильность теоретических выводов о закономерностях формирования виброакустических характеристик и достоверность инженерной методики расчета.

Следует отметить, что вывод в основном достоверен, ввиду отсутствия описания единой методики проведения измерений.

Седьмой вывод касается установленных закономерностей формирования диссипативной функции, характеризуемой коэффициентами потерь колебательной энергии узлов колёсных пар, включающих как сами колеса, так и оси, что фактически и позволяет выполнить акустические расчеты по предложенной методике на этапе проектирования различных типов мостовых кранов.

Вывод достоверен.

Восьмой вывод относится к рекомендациям по снижению уровней шума, то есть к практической части диссертации. Автор предложил комплекс мероприятий, включающий конструкторские и технологические решения: системы шумовиброзащиты рельсов и узлов колесных пар, которые одновременно выполняют функции вибродемпфирования и звукоизоляции; блочно-модульные подшипники скольжения с повышенными виброизолирующими свойствами для редукторов и опор колесных пар; локальные акустические экраны.

Вывод достоверен.

Девятый вывод касается уточненной модели возбуждения вибраций и шумообразования рельсов мостовых кранов, учитывающей характерные условия эксплуатации и способы закрепления рельсов на стенах производственного помещения.

Вывод достоверен.

Десятый вывод свидетельствует о том, что предложенные мероприятия по снижению шума и вибрации мостовых кранов обеспечили снижение вибраций и шума в самих источниках, технологичны и могут быть использованы как при проектировании, так и при модернизации и ремонте мостовых кранов.

Вывод достоверен.

Одиннадцатый вывод свидетельствует о том, что на разработанные инженерные решения получен отраслевой акт внедрения Ассоциации производителей станкоинструментальной продукции «СТАНКОИНСТРУМЕНТ». Разработанные мероприятия по снижению шума и вибрации мостовых кранов в производственных помещениях прошли испытания в реальных условиях. Ожидаемый социально-экономическим эффект составляет 12 тысяч рублей на один кран.

Вывод достоверен и является основным критерием практической ценности исследований.

4. Замечания по диссертации

1. В диссертации отсутствует методика проведения измерений уровней шума и вибрации как на рабочих местах, так и методика измерений акустических и вибрационных характеристик отдельных частей оборудования. Не понятно какие нормативные документы использовались.
2. В таблицах 3.2 и 3.3 не понятно какие характеристики вибрации измерены? Виброскорость или виброускорение? Результаты приводятся в диапазоне частот 8-63 Гц, хотя общая вибрация нормируется в диапазоне 2-63 Гц.
3. Спектры, приведенные на рис. 3.13 и 3.14, вызывают сомнение, т.к. уровни шума в рабочей зоне фрезерных станков в режиме проведения технологической операции как правило превышают уровни 90 дБА и выше.
4. Активные методы защиты предполагают введение в систему элемента, излучающего волны в противофазе. В рассмотренной работе такие элементы не применяются, поэтому рекомендуется исключить упоминания об активных методах шумо- и виброзащиты.
5. Из материалов не ясно применимы результаты при ремонте или при модернизации кранов.
6. Не изучены акустические характеристики мостовых кранов в области инфра и ультразвука.
7. Не приведены данные по статистической обработке экспериментальных величин.
8. Из материалов диссертационного исследования не ясно достаточно ли вибродемфирования рельса для снижения уровней шума.
9. В диссертации имеется ряд орфографических ошибок и стилистических неточностей.

5. Заключительная оценка

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана совокупность научно-обоснованных технических решений, позволяющих обеспечить снижение виброакустических характеристик мостовых кранов широкой номенклатуры, что подтверждается актами о внедрении.

Положения, выводы и рекомендации работы обоснованы и достоверны. Автореферат диссертационной работы, в основном, (за исключением опечаток) правильно отражает содержание диссертации и дает возможность судить о целях и задачах исследования, научных выводах и результатах. Основные научные результаты достаточно полно отражены в 30 публикациях, в том числе 7 в журналах и научных изданиях, входящих в международную базу Web of Science и Scopus, 16 в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, издана 1 монография. На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Крутовой В.А. является законченной самостоятельно выполненной работой, имеющей научную новизну и практическую полезность. Совокупность полученных результатов следует квалифицировать, как решение актуальной научно-технической и социально-экономической проблемы снижения виброакустических характеристик мостовых кранов и обеспечения предельно-допустимых значений шума и вибрации.

В целом представленная диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Крутова Вероника Александровна – заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.7–Акустика.

Официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Экология и производственная безопасность», ФГБОУ ВО «Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова (докторская диссертация защищена по специальности 01.04.06 (1.3.7) – Акустика)

Куклин Денис Александрович

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1. Раб. тел: 8 (812) 495-77-97
Моб. тел: 8 (921) 759-99-64, Эл. почта: kda1969@mail.ru

Подпись руки Куклина Д.А. удостоверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
ФГБОУ ВО «Балтийский государственный
технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова



Охочинский М.Н.

13.10.2023