

Николаев Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики, Омского государственного университета путей сообщения. Основные направления научной деятельности: динамика

транспортных экипажей и транспортных систем, виброзащита. Общее количество работ: 386.
Nikolaev1949@rambler.ru.

УДК 629.3.018.2

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ю.А. Бурьян¹, В.Н. Сорокин¹, Н.В. Захаренков¹, А.Ф. Зелов²

¹Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия;

²Научно-производственное объединение «Прогресс», г. Омск, Россия

Аннотация. Статья посвящена разработке структуры и описанию технических решений, использованных при создании стенда для исследования динамики комбинированной системы виброзащиты операторов транспортно-технологических машин, используемых в строительстве. В качестве силовых элементов пассивной и активной систем виброзащиты предлагается использовать резинокордные оболочки. Структура стенда должна позволить оценить вклад как пассивной, так и активной системы виброзащиты в общий процесс подавления колебаний.

Ключевые слова: виброзащита, резинокордная оболочка, электрогидравлический привод, золотниковый распределитель.

Введение

Виброзащита операторов землеройно-транспортных и других машин, используемых в строительстве и содержании дорог, имеет исключительно важное значение [1]. Кроме того, в настоящее время существенно возросла необходимость в защите от вибраций (микроускорений) научной аппаратуры на космических аппаратах, самолетах и других транспортных средствах.

Для защиты операторов машин, а также технических и биологических объектов от вибрационного возбуждения в области низких частот в настоящее время разработано огромное количество виброзащитных систем (ВЗС), основанных на использовании широкого спектра амортизаторов [2]. Такие ВЗС получили название пассивных. Однако их применение во многих случаях оказывается малоэффективным, например, в инфранизком частотном диапазоне, а также при защите объектов от меняющихся во времени вибрационных спектров.

Для решения задачи снижения низкочастотных вибраций, наиболее опасных для здоровья оператора, находят все большее применение активные виброзащитные устройства.

В системах активной виброзащиты (САВ) формируются воздействия, приложенные не-

посредственно к изолируемому объекту наряду с вынуждающими силами с целью их компенсации. В САВ энергия внешнего источника непосредственно входит в энергетический баланс. Практически всегда активная виброзащита – результат совокупного действия активных и пассивных элементов.

Разработке одного из вариантов построения комбинированной системы виброзащиты с использованием резинокордных оболочек посвящена настоящая работа.

Основная часть (постановка задачи)

В настоящее время широкое распространение получили резинокордные оболочки (РКО) используемые в качестве упругих элементов. Эти устройства обладают высокой грузоподъемностью и надежностью, их номенклатура насчитывает десятки наименований. Возможно также использование РКО в качестве исполнительных механизмов активных виброзащитных систем [3]. Они с успехом заменяют пневмоцилиндры при ограниченном ходе поршня.

К недостаткам РКО в качестве исполнительных устройств активных виброзащитных систем следует отнести одностороннюю направленность действия этих устройств. При подаче давления газа они могут создавать усилие только в одном направлении. Обрат-

ный ход, при снятии давления, осуществляется либо под действием собственного веса оператора либо виброзащищаемого оборудования, либо под действием дополнительного упругого элемента.

Однако возможно применение РКО и для создания обратного хода при использовании реверсора, аналогичного тому, который устанавливают на разрывных машинах для сжатия образцов.

Компоновка стенда, имитирующего плоскую модель объекта с комбинированной системой виброзащиты, состоящей из пассивной и установленной параллельно ей активной систем представлена на рис. 1. На станине 10 закреплены, с возможностью поворота, верхняя 1 и нижняя 2 балки. На балке 2 установ-

лена РКО пассивной системы виброзащиты 5. Верхняя РКО активной системы виброзащиты 6, взаимодействует с верхней балкой, имитирующей виброзащищаемую платформу (кресло оператора), перемещая балку вверх относительно нижнего основания РКО. Нижняя РКО активной системы виброзащиты 7, установленная на реверсоре 4 упираясь в нижнюю балку, перемещает верхнюю балку, при подаче давления в РКО, вниз. Давление газа подается в полости РКО активной системы через золотниковый распределитель от питающей магистрали. Давление в РКО 5 пассивной системы устанавливается в зависимости от веса оператора (груза 8) и в процессе работы не изменяется.

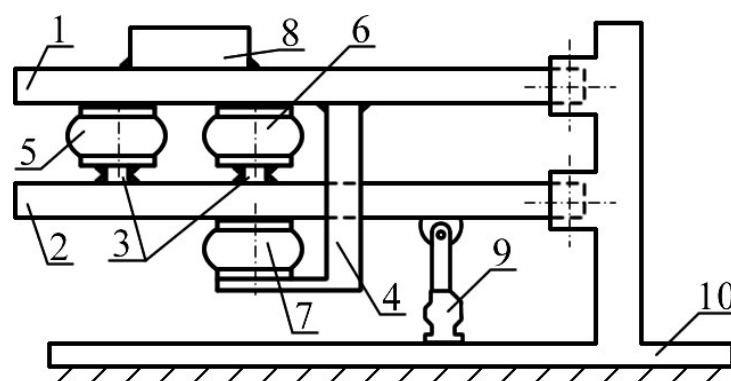


Рис. 1. Компоновка стенда:

- 1 – верхняя балка, имитирующая виброзащищаемую платформу;
- 2 – нижняя балка, имитирующая стол; 3 – кронштейн; 4 – реверсор;
- 5 – РКО пассивной системы виброзащиты;
- 6, 7 – верхняя и нижняя РКО активной системы виброзащиты; 8 – грузы;
- 9 – силовой гидроцилиндр; 10 – станина

Для исследования характера движения элементов стенда разработан экспериментальный измерительный комплекс, который включает в себя три системы: систему возбуждения колебаний, комбинированную систему виброзащиты и информационно-измерительную систему.

Экспериментальный комплекс представляет собой блочную структуру, показанную на рис. 2, в которой отдельные блоки могут быть расширены, заменены или модифицированы при необходимости изменения условий поставленной задачи.

Система возбуждения колебаний позволяет имитировать, как гармонические воздействия, так и неустановившиеся колебания, т.е. единичные или воздействия от неровностей дорожного полотна.

Система возбуждения колебаний включает в себя программное обеспечение ZETLAB,

установленное в ЭВМ для модуля АЦП/ЦАП ZET230, электронную схему управления золотником гидроцилиндра, силовой гидроцилиндр (использована рулевая машинка КАУ-30Б вертолета МИ-8) и насосную станцию.

Комбинированная система виброзащиты представляет собой устройство подавления колебаний верхней балки, в результате совместного действия пассивной и активной составляющих.

Информационно-измерительная система включает в себя: управляющий вычислительный комплекс (УВК) и измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) [4].

Общим инструментом для выполнения всех операций является ИВК, который выполняет прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения электрических величин, управляет процессом их измерения, вы-

дает результаты измерений оператору в заданном виде.

УВК формирует управляющие воздействия на объект управления путем изменения давления воздуха в полостях РКО активной

системы. Этот процесс осуществляется при помощи золотникового распределителя, управляемого электрогидравлической системой.

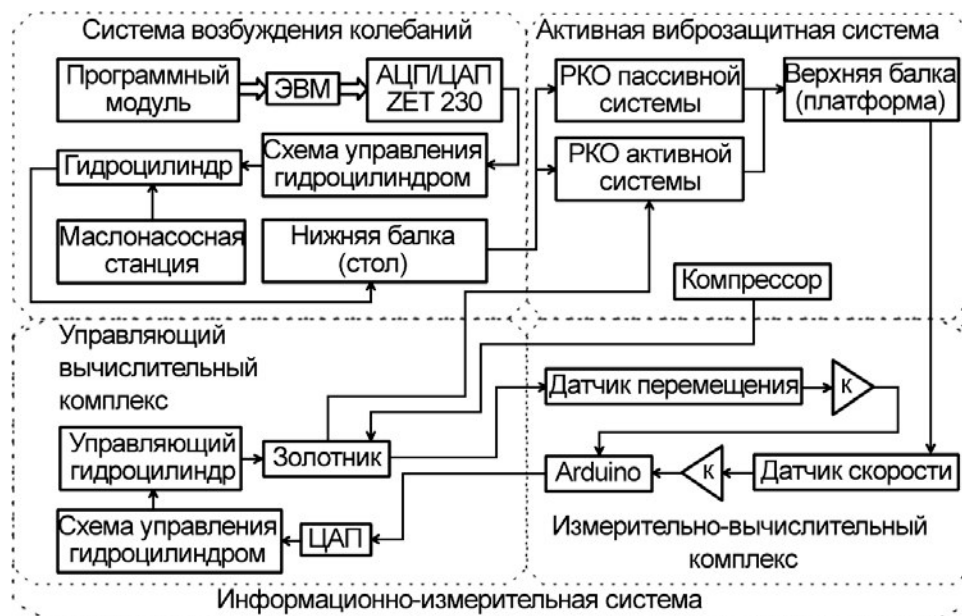


Рис. 2. Структура экспериментального комплекса

Комбинированная виброзащитная система с управлением по сигналам скорости перемещения верхней балки изображенная на рис. 3 работает следующим образом: при помощи программного модуля оператор задает параметры колебаний нижней балки. Под действием штока силового гидроцилиндра 9 нижняя балка 2 через РКО пассивной виброзащитной системы 5, частично подавляя их, передает вынужденные колебания верхней балке 1. Сигнал с датчика угловых скоростей 13, установленного на верхней балке поступает через согласующий усилитель 11 на вход микроконтроллера 12. В зависимости от величины сигнала датчика шток силового гидроцилиндра начинает перемещаться на величину, соответствующую управляющему сигналу с микроконтроллера. Управляющий сигнал корректируется в соответствии с положением штока гидроцилиндра (положением золотника пневмораспределителя). Для этого в микроконтроллер подается информация с датчика перемещения штока гидроцилиндра. Сигнал с микроконтроллера дополнительно усиливается на величину коэффициента уси-

ления согласующего усилителя 11. При этом шток через механический рычаг, перемещает золотник распределителя обеспечивая подачу воздуха в одну из РКО активной системы, а из другой РКО выпускает его в атмосферу.

В конструкции стенда силовая реализация сигналов системы управления реализована электрогидравлическими преобразователями – комбинированными агрегатами управления КАУ-30Б вертолета МИ-8 [5]. Эти агрегаты способны работать в ручном и комбинированном режиме. В комбинированном режиме они работают совместно с автопилотом и ручным управлением. При использовании их в составе стенда режим ручного управления заблокирован, а управление осуществляется электрическими сигналами, аналогичными управляющим сигналам автопилота. Сигналы управления подаются на поляризованное реле, которое преобразует их в поступательное движение золотника. При этом рабочая жидкость подается в соответствующую полость гидроцилиндра и на слив.

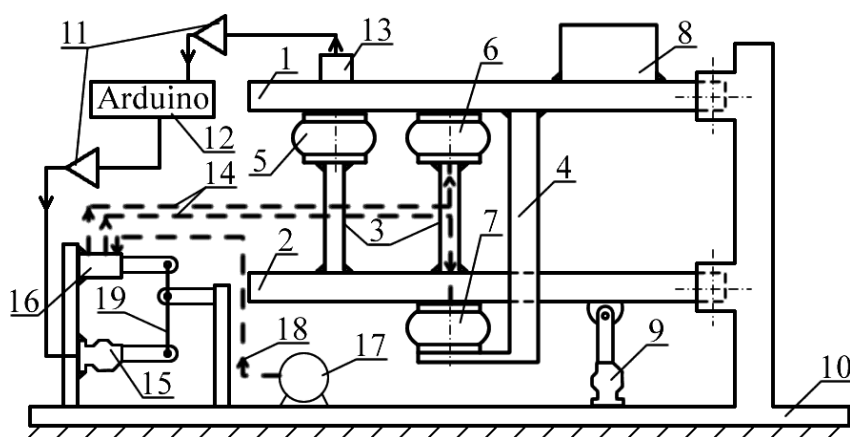


Рис. 3. Компоновка экспериментального комплекса с САУ по скорости:
 1 – верхняя балка, имитирующая виброзащищаемую платформу;
 2 – нижняя балка, имитирующая стол; 3 – кронштейн; 4 – реверсор;
 5 – РКО пассивной системы виброзащиты;
 6, 7 – верхняя и нижняя РКО активной системы виброзащиты;
 8 – грузы; 9, 15 – силовой гидроцилиндр; 10 – станина;
 11 – согласующие усилители; 12 – микроконтроллер; 13 – датчик угловой скорости;
 14 – подача воздуха в РКО; 16 – распределительный золотник;
 17 – система компрессор-ресивер; 18 – воздухопроводная магистраль; 19 – рычаг

Оба агрегата КАУ-30Б, установленные на стенде запитаны от насосной станции вертолета МИ-8. Максимальный ход штока составляет 6 мм.

Гидравлическая система вертолета МИ-8 представляет сложную конструкцию, состоящую из основной и дублирующей систем [6]. При создании экспериментального комплекса использовалась только основная система. Дублирующая система, обеспечивающая питание комбинированных усилителей при выходе из строя основной системы была отключена.

Особенность работы гидросистемы вертолета МИ-8 заключается в том, что давление в системе не является постоянным. Оно доводится до максимального значения 6,5 МПа, заряжаются пневмо-гидроаккумуляторы и насос переключается на прокачку рабочей жидкости на слив. Таким образом, осуществляется его разгрузка. Питание системы осуществляется за счет энергии пневмо-гидроаккумуляторов. Когда давление в гидросистеме снижается до 4,5 МПа насос снова включается на подачу рабочей жидкости в гидросистему. Управление этим процессом осуществляет автомат ГА77В разгрузки насоса установленный в гидросистеме.

Для поддержания постоянного давления в гидросистеме было принято решение снизить давление срабатывания предохранительного клапана до 5 МПа. Это позволяет сбрасывать часть рабочей жидкости на слив, а регулятор работает в штатном режиме, ведь давление в

гидросистеме еще не достигло верхнего предельного значения. Таким образом, в гидросистеме установлено постоянное давления 5 МПа.

Золотник в системе распределения потоков подачи газа в РКО играет ключевую роль.

Для систем управления данного типа целесообразно использовать золотниковые распределители с отрицательным осевым перекрытием, у которых ширина проточки больше ширины поясков. При нейтральном положении их напорная пневмолиния соединена со сливом и с обеими полостями пневмораспределителя. При этом газ через зазоры непрерывно поступает на слив, а в обеих полостях пневмодвигателя устанавливается одинаковое давление. В пневмораспределителях с таким золотником зона нечувствительности сводится к минимуму, но из-за слива газа часть мощности теряется.

В качестве золотникового распределителя для подачи газа в полости РКО активной системы виброзащиты на стенде использован клапан управления гидроусилителя рулевого управления автомобиля ГАЗ-4301 [7], который имеет золотник с отрицательным осевым перекрытием.

Золотник клапана, по рис. 4 может перемещаться относительно корпуса 3 на 1,5 мм в обе стороны от среднего положения. Полости А и Г корпуса 3 соединены с РКО активной системы виброзащиты, полость Б – с компрессором, полость В – с атмосферой. При нейтральном положении золотника рабочее тело от компрессора поступает в полость Б,

затем через зазоры между золотником 1 и корпусом в полости А и Г, и, наконец, в полость В, откуда уходит в атмосферу. При этом давление в полостях А и Г корпуса клапана и в обеих РКО одинаково.

При перемещении золотника в пределах 1,5 мм в ту или другую сторону от среднего

положения нагнетательная и сливная магистрали разобщаются, а рабочее тело из клапана управления (рис. 4, в, г) под давлением поступает в одну из РКО (например, верхнюю). Из другой РКО (нижней) рабочее тело выдавливается в атмосферу.

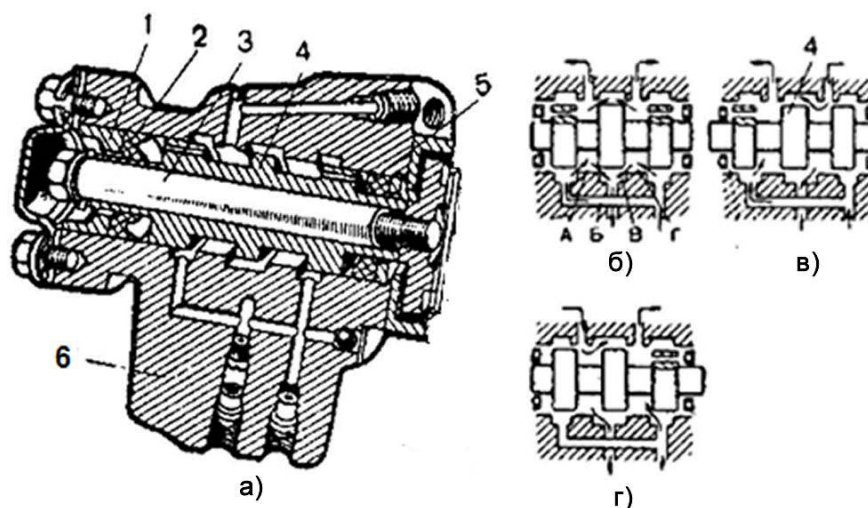


Рис. 4. Клапан управления гидроусилителя рулевого управления автомобиля ГАЗ-66:
а – продольный разрез; б-г – схемы работы золотникового устройства:
б – нейтральное положение, в – поворот налево, г – поворот направо;
1- шайба, 2, 5 – сальники; 3 – центральный болт; 4 – золотник; 6 – корпус клапана

Для согласования хода штока КАУ-30Б и клапана управления ГАЗ-66, имеющих раз-

личные значения, на стенде изготовлена рычажная система, которая показана на рис. 5.

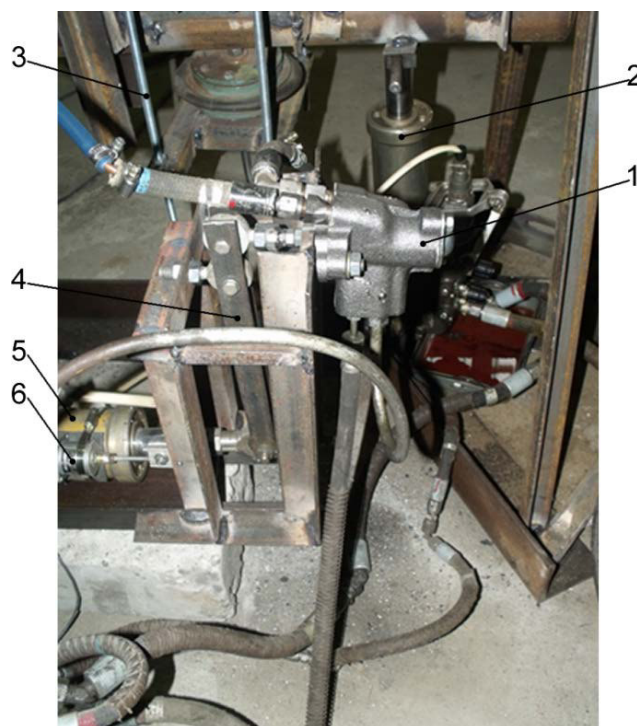


Рис. 5. Рычажная система привода клапана управления. 1 – клапан управления; 2 – гидроцилиндр системы возбуждения колебаний; 3 – тяги реверсора; 4 – рычаг; 5 – гидроцилиндр активной системы; 6 – датчик положения золотника клапана управления

Разработанная комбинированная система виброзащиты [8] представляет собой экспериментальный комплекс, позволяющий проводить испытания ВЗС.

Заключение

Таким образом, сконструирован и построен экспериментальный комплекс, имеющий кинематическое возбуждение с заданными параметрами колебаний нижней балки, а также комбинированная виброзащитная система колебаний верхней балки, имитирующей кресло оператора (виброзащищаемую платформу).

После окончания работ по отладке экспериментального комплекса повторяемость результатов контрольных параметров составляет 96÷98%.

Библиографический список

1. Громовик, А.И. К вопросу об оценке виброзащиты кабины автогрейдера / А.И. Громовик, М.Г. Назаренко, С.И. Бондарев // Гидропривод и системы управления строительных, тяговых и дорожных машин : межвуз. сб. – Омск, 1980. – С. 165-169.
2. Громовик, А.И. Динамический гаситель поддресоренной кабины автогрейдера / А.И. Громовик, Г.М. Кадисов // Тр. СибАДИ. – Вып. 3. – Ч.2. – Омск: СибАДИ. – 2000. – С.128-131.
3. Зелов, А.Ф. Математическая модель комбинированной системы виброзащиты с использованием РКО / А.Ф. Зелов, Ю.А. Бурьян, В.Н. Сорокин // II международная научно-практическая конференция «Достижения и проблемы современной науки» (03 ноября 2015г.), 3 часть г. Санкт-Петербург // Globus. – 2015. – С. 105-109.
4. Захаренков, Н.В. Динамика активной системы демпфирования продольно-угловых колебаний транспортных машин / Н.В. Захаренков // Технология колесных и гусеничных машин = Technology of wheeled and tracked machines. – 2015. – № 4(20). – С. 14-20.
5. Вертолет Ми-8. Техническое описание. Книга 2. Конструкция. – М. : Машиностроение. – 1970. – 192 с.
6. Данилов, В.А. Вертолет Ми-8: (Устройство и техническое обслуживание) / В.А. Данилов. – М. : Транспорт. – 1988. – 278 с.
7. Бутусов, А.М. ГАЗ-4301. Руководство по эксплуатации / А.М. Бутусов. – Н. Новгород : Типография АО "ГАЗ", 1995. – 233 с.
8. Пат. 159456 Российская Федерация, МПК G 01 M 17/04. Комбинированная виброзащитная система / Ю.А. Бурьян, В.Н. Сорокин, А.Ф. Зелов, А.Ю. Кондюрин; № 2015123195/05; заявл. 16.06.2015; опубл. 10.02.2016 Бюл. № 4.

EXPERIMENTAL COMPLEX FOR RESEARCH OF VIBRATION PROTECTION COMBINED SYSTEM OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES OPERATOR

Yu. A. Buriyan¹, V. N. Sorokin¹, N. V. Zaharenkov¹,
A. F. Zelov²

Abstract. The article is devoted to the structure and description development of the technical solutions which used in the stand design for studying the dynamics of the transport and technological machines operator vibration protection combined system which used in building. As a load-bearing elements of passive and active vibration protection systems are encouraged to use rubber-cord casing. Stand structure should allow to evaluate the contribution of both passive and active vibration protection system in the general process of oscillations suppression.

Keywords: vibration protection, rubber-cord casing, electrohydraulic actuator, slide valve.

References

1. Gromovik A. I., Nazarenko M. G., Bondarev S.I. K voprosu ob otsenke vibrozashchity kabiny avtogreydera [To the question about estimation vibration protection of land grader cabin], Gidroprivod i sistemy upravleniya stroitel'nykh, tyagovykh i dorozhnykh mashin [Hydraulic actuators and control systems of building and transport machines], 1980, pp. 165-169.
2. Gromovik A. I., Kadisov G. M. Dinamicheskii gasitel podressorennoy kabiny avtogreydera [Dynamic damper of land grader suspended cabin]. Trudy SibADI [Proc. of the SibADI], 2000, V. 3, Chapter 2, pp. 128-131.
3. Buriyan Yu. A., Sorokin V.N., Zelov A.F. Matematicheskaya model kombinirovannoy sistemy vibrozashchity s ispolzovaniem RKO [Mathematical model of combined vibration system with RKO] II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Dostizheniya i problemy sovremennoy nauki" [II International Research and Practice Conference «Achievements and Issues of Present Science»], 2015, Chapter.3, pp. 105-109.
4. Zaharenkov N. V. Dinamika aktivnoy sistemy dempfirovaniya prodolno-uglovykh kolebaniy transportnykh mashin [Dynamics of active damping system of transporting vehicles longitudinal oscillations]. Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin - Technology of wheeled and tracked machines, 2015, no 4, pp. 14-20.
5. Vertolet Mi-8. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 2. Konstruktsiya [Helicopter Mi-8. Datasheet. Book 2. Design]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1970. 192 p.
6. Danilov V. A. Vertolet Mi-8 (Ustroystvo i tekhnicheskoe obsluzhivaniye) [Helicopter Mi-8 (Construction and maintenances)]. Moscow, Transport, 1988. 278 p.
7. Butusov A. M. GAZ-4301. Rtukovodstvo po ekspluatatsii [GAZ-4301. Service manual]. Nizhny Novgorod. AO "GAZ" typography, 1995. 233 p.
8. Buriyan Yu. A., Sorokin V.N., Zelov A.F., Kondyurin A.Yu. Kombinirovannaya vibrozashchitnaya

sistema [Combined vibration protection system].
Patent RF, no 2015123195/05, 2016.

Бурьян Юрий Андреевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Основы теории механики и автоматического управления ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: burian7@mail.ru).

Сорокин Владимир Николаевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Основы теории механики и автоматического управления ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: sorokin.vn@mail.ru).

Захаренков Николай Владиленович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Машиноведение ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: znickbar@mail.ru).

Зелов Александр Федорович (Омск, Россия) – научный сотрудник лаборатории 120 научно-производственное объединение «Прогресс»

(644018, г. Омск, ул. 5-я Кордная, 4, e-mail: aleks.zelov@gmail.com).

Yuriy A. Buriyan (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Fundamentals of the Theory of Mechanics and Automatic Control department, Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: burian7@mail.ru).

Vladimir N. Sorokin (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Ass. Professor, Fundamentals of the Theory of Mechanics and Automatic Control department, Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail sorokin.vn@mail.ru).

Nikolay V. Zakharenkov (Omsk, Russian Federation) – Ph. D in Technical Sciences, Science of Machines department, Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail znickbar@mail.ru).

Aleksandr F. Zelov (Omsk, Russian Federation) – research engineer, NPP “Progress” (644018, 5th Kordnaya, 4, Omsk, Russian Federation, e-mail aleks.zelov@gmail.com).

УДК 621.45.018.2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Е.В. Шендалева

Омский государственный технический университет, Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматривается проблема прогнозирования технического состояния топливорегулирующей аппаратуры газотурбинных двигателей. Основное содержание исследования составляет анализ применимости метода экстремального прогнозирования для обеспечения гарантированного прогноза технического состояния топливорегулирующей аппаратуры. Метод экстремального прогнозирования позволяет выполнить прогноз на основании результатов измерений, полученных в ходе длительных испытаний на полунатурном моделирующем стенде и последующих плановых испытаний. Прогноз выполняется без анализа статистического распределения результатов измерений. Результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования состояния технических систем, состоящих из элементов различной физической природы.

Ключевые слова: топливорегулирующая аппаратура, газотурбинный двигатель, полунатурный испытательный моделирующий стенд, прогнозирование технического состояния.

Введение

Газотурбинные технологии находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности – прежде всего в авиации, судостроении, на железнодорожном

транспорте, в топливно-энергетическом комплексе. Требования к надежности и эксплуатационным характеристикам газотурбинных двигателей непрерывно возрастают. В связи с этим актуальность исследования и освое-