

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ НАПИСАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Т.Д. Соколов

nomorepanica@gmail.com

SPIN-код: 2356-3320

Н.А. Аскерова

nargizaskerova2013@yandex.ru

SPIN-код: 2284-2227

А.А. Аскерова

iselaskerova@yandex.ru

SPIN-код: 5741-2000

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Показан способ применения искусственного интеллекта для написания музыкальных композиций с последующим использованием их в коммерческих целях. Выполнено сравнение различных видов искусственного интеллекта для написания музыкальных композиций по следующим критериям: число обработанных произведений; время, необходимое для обучения; уникальность создаваемых произведений; степень законченности произведений; количество жанров; время на создания одной композиции; доступные функции; возможность доработки созданных произведений; одобрение со стороны музыкального сообщества; стоимость услуг. Сформирована таблица для сравнения показателей и определен искусственный интеллект, соответствующий необходимым критериям для написания музыкальных композиций в коммерческих целях.

Ключевые слова

Искусственный интеллект, музыка, написание музыкальных композиций, коммерческое использование, обработка звука, искусство, сравнительный анализ, эффективность

Поступила в редакцию 30.06.2021

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

Введение. Музыка — неотъемлемая часть человеческой культуры, которая существует с самого зарождения человеческой цивилизации и продолжает развиваться в широком разнообразии форм. Долгое время считалось, что человек является единственным возможным композитором, что только он может наполнить композицию эмоциями и вдохнуть в нее жизнь.

В истории развития искусственного интеллекта (ИИ) было много исследований на тему генерации музыкальных произведений. Среди них алгоритмы генерации нот для фортепиано Хиллера и Исааксона, цифровые синтезаторы голоса Ангеля, генерирующие певческий голос [1]. Все это отражает различные составляющие музыкальных композиций: мелодию, композицию, тембр и пение человеческого голоса.

За последние несколько лет в области ИИ достигнут огромный прогресс. Такой прогресс выражается генерацией новых произведений посредством изучения уже существующих. Анализируя ключевые аспекты, необходимые для со-

здания полноценной законченной композиции (мелодия, гармония, ритм, лад, темп, динамика, тембр), машина способна генерировать песни из самых разнообразных музыкальных жанров (например, таких как рок, хип-хоп и джаз). Сейчас ИИ способен сохранять мелодию, ритм и, что немаловажно, композицию для различных инструментов на музыкальной дорожке значительной длины, некоторые могут добавлять при этом сгенерированные певческие голоса, которые созвучны инструментальной составляющей песни [2]. Некоторые из таких ИИ будут рассмотрены в данной работе.

Искусственный интеллект для написания музыки. AIVA, его функциональность и принцип работы. AIVA (Artificial Intelligence Visual Artist) — проект компании AIVA Technologies, представленный в феврале 2016 г. Пьером Барро. Сама компания позиционирует AIVA как «искусственный интеллект, способный создавать эмоциональные саундтреки к фильмам, видеоиграм, рекламным роликам и любому виду развлекательного контента». Данный проект является полноценным коммерческим продуктом, с помощью которого люди, не обладающие необходимыми познаниями в музыкальной теории, в ограниченные сроки могут получить основу для музыкального произведения, которую затем можно доработать до готовой композиции. Данный ИИ уже способен сочинять в девяти жанрах, таких как электронная музыка, поп-музыка, рок, фэнтэзи, джаз, музыка для кино, шанги, танго и китайская музыка.

Источником информации для ИИ является база из около 30 000 музыкальных произведений, написанных такими выдающимися композиторами, как Бетховен, Моцарт, Бах. Изучение этих значительных произведений, безусловно, оказавших влияние на историю музыки, позволило AIVA овладеть концепциями теории музыки и понять искусство создания музыкальной композиции. Для исключения ненамеренного подражания исходным музыкальным образцам ИИ имеет собственную внутреннюю систему антиплагиата, которая проверяет созданный трек на частичный или полный плагиат уже имеющихся композиций в базе данных AIVA. Кроме того, несколько тестов Тьюринга, выполненных с участием профессиональных музыкантов, подтвердили, что композиции, автором которых является ИИ, невозможно однозначно охарактеризовать как создание человека или машины, благодаря чему произведения AIVA были зарегистрированы обществом музыкальных авторов, композиторов и издателей (SACEM), что сделало AIVA первым программным обеспечением, удостоенным этого [3, 4].

В основе работы AIVA лежит использование нейронных сетей для поиска шаблонов и правил в построении музыки, что позволяет машине обучаться. В итоге AIVA способна создавать необходимые композиции. Во время сочинения ИИ предсказывает, что будет дальше, соответствуя внутреннему набору математических правил для выбранной стилистики и жанра [3].

Сейчас возможности AIVA доступны любому человеку — доступ к системе можно получить с помощью разных браузеров. Достаточно открыть сайт проекта, зарегистрироваться, выбрать тарифный план в соответствие с назначением создаваемой композиции (коммерция, некоммерческое использование) и бук-

важно в течение 3–5 минут человек может получить композицию в выбранном жанре, задав стиль и продолжительность композиции, которую он потом может доработать по своему усмотрению, поскольку сайт поддерживает экспорт в формат MIDI.

Из явных преимуществ AIVA стоит выделить: возможность создания оригинальных композиций (внутренний антиплагиат), быстроту написания композиции, широкое разнообразие жанров, поддержку музыкального сообщества (SACEM), доступность, возможность редактирования [3, 4].

К недостаткам AIVA относится то, что ее произведения все еще требуют доработки, в них отсутствуют голос и текст [3].

Из всего этого можно заключить, что AIVA является хорошим средством для создания музыки, однако полноценно заменить человека этот ИИ еще не способен, в чем и признаются сами авторы проекта, видя в этом перспективу дальнейшего развития своего детища [3].

Jukebox, функциональность и принцип работы. Проект Jukebox был анонсирован компанией OpenAI 30 апреля 2020 г. и представляет собой ИИ, который способен писать музыкальные композиции в стиле уже существующих исполнителей. Jukebox способен писать полноценные 1–2-минутные отрывки, которые содержат текст, исполненный голосом выбранного исполнителя, инструментальную часть в выбранной стилистике. Все это формирует логичную структуру песни (вступление, куплет, припев). В настоящий момент данный ИИ не предназначен для коммерческого использования, все результаты его работы находятся в открытом доступе. На сайте проекта размещены тысячи отобранных образцов работы ИИ с их описанием и кодом [1].

Принцип работы Jukebox сильно отличается от принципа работы AIVA. В отличие от AIVA, проект OpenAI работает с огромной библиотекой аудиофайлов, которая насчитывает 1 200 000 композиций. Каждая композиция разбивается на множество коротких семплов, которые с помощью трехуровневого алгоритма формируют окончательное произведение. Каждый из уровней представляет собой нейронную сеть, которая обучается на выбранном семпле. Верхний уровень разбивает аудио (со стандартной частотой дискретизации в 44 100 Гц) на более длинные семплы (разбиение $\times 8$), средний уровень — на семплы средней длины (разбиение $\times 32$), а нижний — на семплы с минимально возможной длиной (разбиение $\times 128$). Такое разбиение добавляет в окончательные собранные композиции множество шумов и потрескиваний, однако основная информация, необходимая для конструирования композиций (высота звука, тембр, громкость), в таком случае сохраняется. После обучения нейронные сети объединяются для создания окончательной версии произведения. Таким образом элементы нижнего уровня детализируют фрагменты верхнего уровня, подстраиваясь под заданные для всех уровней стилистику и жанр [1, 5].

Описанная выше упрощенная схема работы алгоритмов Jukebox представлена на рис. 1.

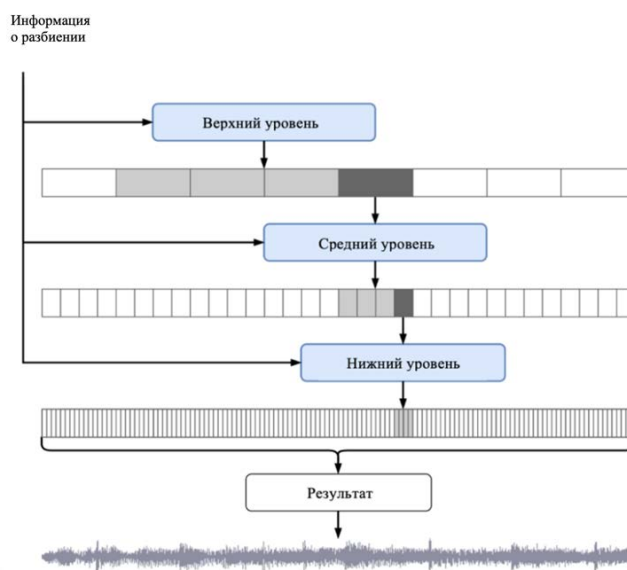


Рис. 1. Упрощенная схема работы Jukebox

Помимо обработки инструментальной составляющей части композиции данный ИИ позволяет таким же способом генерировать пение голосов в такой же мелодии, как и сама песня. Однако в данном случае зачастую возникает проблема, поскольку ИИ еще не способна писать полноценные осмысленные тексты и часто генерирует несвязную болтовню, в которой редко проскальзывают узнаваемые английские слова. Для решения этой проблемы к ИИ была подключена база данных с текстами песен, машине указывали на примеры необходимой лирики для каждого аудиофрагмента. К сожалению, технологии ИИ пока еще не способны различать бэк-вокал, основные вокальные партии и фоновой музыки в целевом аудио, что все еще делает задачу трудно выполнимой [1].

Непосредственный процесс обучения на композициях какого-либо артиста может длиться более девяти часов, в процессе обучения человеку нужно указывать машине, какие примеры не подходят, чтобы система ИИ понимала, в каком направлении ей двигаться. По окончании обучения система способна выдать несколько композиций продолжительностью от одной до двух минут в стиле выбранного артиста. В ходе работы OpenAI удалось составить общую картину жанровых различий, в том числе отличий артистов друг от друга [1]. На рис. 2 четко показано, как жанры и артисты связаны друг с другом.

Самый широкий из всех жанров — поп — находится в середине, рок, кантри, блюз хип-хоп и многие другие окружают его. Саундтреки и классическая музыка образуют собственный остров. Внутри жанров прослеживаются общие тенденции среди исполнителей. Например Джон Леннон, Пол Маккартни, Джордж Харрисон и Ринго Старр сгруппированы вокруг Битлз. Здесь показана всего лишь часть артистов, поскольку не все соседние артисты могут быть связаны. Полная интерактивная модель доступна в интернет-блоге проекта.

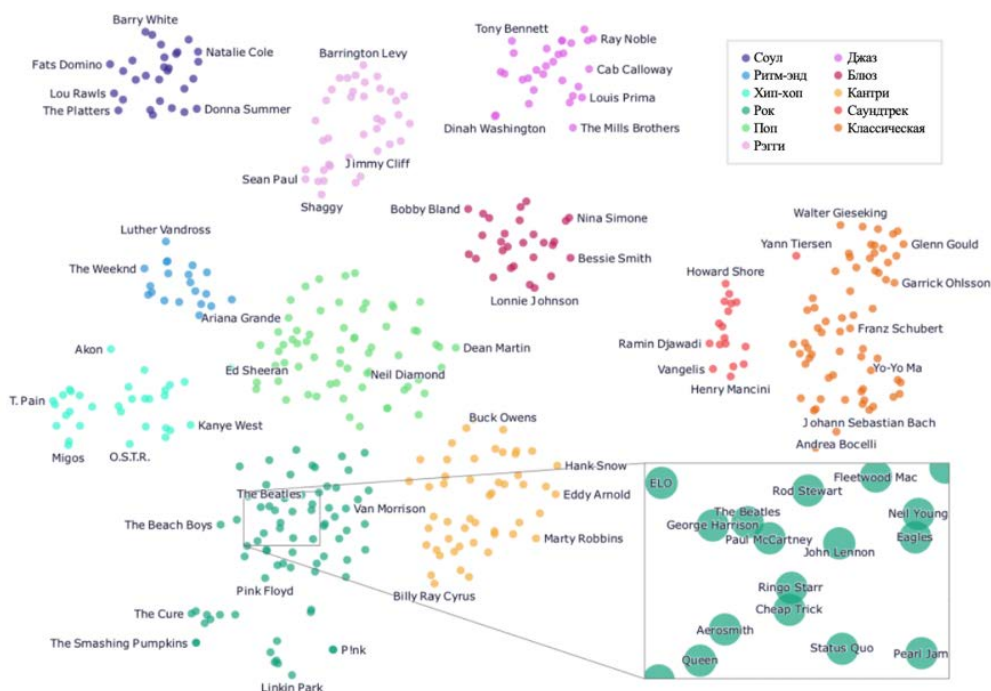


Рис. 2. Связь жанров и артистов между собой

Из явных преимуществ Jukebox стоит выделить: разнообразие жанров, необычный (семпловый) подход, наличие в произведениях голоса, текста, открытость исходного кода (исходный код доступен любому) [1].

Из минусов стоит отметить: невозможность редактирования, высокая вероятность плагиата (для тренировки используются уже существующие песни известных исполнителей), трески и посторонние звуки в окончательных композициях, недоступность для непрофессионального пользователя, произведения незакончены и не имеют структуры [1].

В целом можно заключить, что на данный момент возможности применения Jukebox сильно ограничены. Из-за тресков и бессвязной структуры, которые являются побочным эффектом раздробления аудио дорожек, данный ИИ еще не способен делать даже относительно готовые композиции. Несмотря на это идея организации работы данного ИИ хороша в долгосрочной перспективе, а также этот ИИ может стать хорошим помощником при создании музыкальных идей для нового материала уже существующих артистов. Периодически ИИ генерирует очень хорошие образцы, однако пока не так часто. Именно в увеличении таких успешных результатов генерации мелодий и ритмов, подходящих тексту песни, а также повышении качества звучания состоит будущая перспектива развития данного проекта [1].

Amper, функциональность и принцип работы. Amper Music — ИИ, представленный Майклом Хобом и Дрю Силверстеном в январе 2017 г., предназначенный для написания музыкальных композиций в различных жанрах. Резуль-

таты работы данного ИИ можно использовать в целях роялти-фри, например для озвучивания развлекательных роликов, использования в подкастах или играх жанра инди. Также предусмотрено коммерческое использование музыки. Amper Technologies по требованию представляет исходный код своего проекта, который можно совместить с уже существующими разработками [6].

Работа Amper основывается на базе из более чем 9000 музыкальных семплов инструментов, которые по особому алгоритму обрабатываются и из которых в последствии собирается окончательная композиция. В начале работы пользователь выбирает один из пяти доступных жанров (хип-хоп, музыка для кино, классический рок, современный фолк и поп 90-х), после ему предлагают выбрать настроение (игривое, грустное, восторженное, рефлексия и др.), затем продолжительность композиции, и через несколько минут (в зависимости от выбранных настроек) композиция готова. Полученную композицию можно редактировать, например, добавить и удалить инструменты, задать темп игры или установить ключи к инструментам, после чего машина заново ориентируется. Устраивающий пользователя результат можно сохранить на компьютер в виде файла необходимого формата. Все управление происходит с помощью онлайн-приложения. Также реализована работа «в облаке», поэтому все результаты доступны из любого места при наличии логина и пароля от аккаунта. В профессиональной версии реализовано еще больше функций, например загрузка видео в сервис для синхронизации музыки и видеоряда. Все это делает Amper потрясающим инструментом для людей, которых интересует создание простых фоновых композиций за короткий промежуток времени. Примеры работы ИИ можно услышать на главной странице сайта проекта [2, 6, 7].

Из явных преимуществ Amper стоит выделить простоту использования, высокую скорость написания, разнообразие жанров, уникальность композиций, модель роялти-фри, доступность редактирования, режим сохранения «в облаке», синхронизацию с видео, законченность композиций, выбор настроения музыки [2, 6, 7].

Из недостатков стоит отметить простоту композиций, отсутствие голоса и текста [2, 6, 7].

Таким образом, Amper является неплохим инструментом для написания музыкальных композиций к некоммерческим проектам, тем самым давая людям возможность писать композиций без наличия специальных знаний, а также времени и денег [2, 6, 7].

Сравнение AIVA, Jukebox и Amper. В таблице 1 представлены ИИ используемые для написания музыки, а именно: AIVA [3], Jukebox [1] и Amper [2, 6, 7]. Для удобства вводится оценочная система в баллах (от 0 до 5), где: 0 – не помогает решению задачи; 5 – содействует решению задачи. Задачей является написание музыкальных композиций для коммерческого использования (музыка для рекламы, кино и телевидения).

Сравнительная таблица AIVA, Jukebox и Amper

Характеристика сравнения	AIVA	Jukebox	Amper
<i>Основные параметры</i>			
Создатель	Пьер Барро	OpenAI	Майкл Хоб, Дрю Силверстен
Основано	Апрель 2016 г.	30 Апреля 2020 г.	Январь 2017 г.
<i>Решающие критерии с оценкой в баллах</i>			
Количество обработанных произведений	30 000+	1 200 000+	9 000+
	4 балла	3 балла	3 балла
Исходный код в публичном доступе	Нет	Открытый доступ	По запросу
	4 балла	3 балла	5 баллов
Степень законченности произведений	Требуют косметической доработки	Нет	Да
	4 балла	0 баллов	5 баллов
Количество жанров	9	11	5
	4 балла	5 баллов	3 балла
Время на создание одного трека	3–5 минут	—	3–5 минут
	5 баллов	0 баллов	5 баллов
Генерация голоса	Нет	Да	Нет
	0 баллов	5 баллов	0 баллов
Генерация текста	Нет	Да	Нет
	0 баллов	5 баллов	0 баллов
Модель роялти-фри	Есть	Нет	Есть
	5 баллов	0 баллов	5 баллов
Возможность доработки произведений	Да	Нет	Да
	5 баллов	0 баллов	5 баллов
Платформа для пользователей	Веб приложение	Нет	Веб приложение
	5 баллов	5 баллов	5 баллов
Время на обучение ИИ	—	9+ часов	—
	0 баллов	3 балла	0 баллов
Стоимость	Подписка на сервис начинается от 168 € в год	Нет	29 \$ за композицию, для коммерческого использования цена договорная
	5 баллов	0 баллов	3 балла
<i>Сумма баллов</i>			
Результат в баллах	51	29	42

Прочерк в ячейке означает, что данных нет в открытом доступе.

Заключение. На данный момент существует множество ИИ, которые используются для написания музыки [2]. В данной работе были рассмотрены: AIVA, Jukebox и Amper. На основании таблицы можно сделать следующие выводы. AIVA и Amper наиболее соответствуют критериям, необходимым при создании аудио для развлекательного и коммерческого контента, поскольку они способны создавать уникальные произведения, делают это быстро, имеют удобный веб-интерфейс, а также официально предоставляют возможность коммерческого использования своих произведений [2, 3, 6]. Все это позволило им набрать значение интегрального критерия в 51 балл для AIVA и 42 балла для Amper. Jukebox представляет собой более технически интересное решение, однако отсутствие уникальности создаваемых композиций и удобного веб-интерфейса для пользователей не позволяет данному ИИ выполнять поставленную задачу [1]. Значение интегрального критерия для данного ИИ равно 29 баллов, что соответственно на 27 и 16 % меньше, чем у AIVA (51 балл) и Amper (42 балла).

Высокое значение интегрального критерия AIVA (51 балл), показывает преимущество данного ИИ, что возможно благодаря таким факторам, как одобрение со стороны музыкального сообщества (первый ИИ, композиции которого зарегистрированы SACEM), удобная ценовая политика (фиксированная цена подписки в отличие от договорной цены Amper), а также внутренняя система антиплагиата, которая в разы упрощает верификацию уникальности произведения [2–4, 6]. Именно поэтому AIVA на данный момент является наиболее соответствующим критериями необходимым при написании музыкальных композиций, предназначенных для коммерческого использования.

Литература

- [1] Dhariwal P., Jun H., Payne C. et al. Jukebox: a generative model for music. URL: <https://arxiv.org/abs/2005.00341> (дата обращения: 15.08.2021).
- [2] Eamonn F., Stuart D. Musically. The report. *AI Report*, 2019, no. 425, pp. 1–20.
- [3] Zulić H. How AI can change/improve/influence music composition, performance and education: three case studies. *INSAM J. Contemp. Music, Art Technol.*, 2019, vol. 2, no. 1, pp. 100–114.
- [4] Aiva is the first AI to officially be recognised as a composer. *aibusiness.com: веб-сайт*. URL: https://aibusiness.com/document.asp?doc_id=760181 (дата обращения: 15.08.2021).
- [5] Цифровое аудио от А до Я. *sony.ru: веб-сайт*. URL: <https://www.sony.ru/electronics/support/articles/00165079> (дата обращения: 15.08.2021).
- [6] Sam E. Original music at your fingertips. *Impact Magazine*, 2017, pp. 10–11.
- [7] AI композитор Amper Music. *anatolykulikov.ru: веб-сайт*. URL: <https://anatolykulikov.ru/review/ai-composer-amper-music> (дата обращения: 15.08.2021).
- [8] Wikisound: веб-сайт. URL: <http://wikisound.org/> (дата обращения 2020-06-05).
- [9] 100 опер. Словарь музыкальных терминов. *100oper.ru: веб-сайт*. URL: <http://100oper.ru/slovar-muz-term> (дата обращения 2020-06-05).

Соколов Тимофей Дмитриевич — студент бакалавриата кафедры «Компьютерные системы и сети», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Аскерова Наргиз Агасафовна — студентка бакалавриата кафедры «Компьютерные системы и сети», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Аскерова Айсель Агасафовна — студентка магистратуры кафедры «Высшая математика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Соколов Т.Д., Аскерова Н.А., Аскерова А.А. Применение искусственного интеллекта для написания музыкальных композиций. *Политехнический молодежный журнал*, 2021, № 10(63). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2021-10-740>

APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO COMPOSING MUSIC

T.D. Sokolov

nomorepanica@gmail.com

SPIN-code: 2356-3320

N.A. Askerova

nargizaskerova2013@yandex.ru

SPIN-code: 2284-2227

A.A. Askerova

iselaskerova@yandex.ru

SPIN-code: 5741-2000

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The paper describes a method of using artificial intelligence for writing musical compositions with their subsequent use for commercial purposes. The authors carried out a comparison of various types of artificial intelligence for writing musical compositions according to the following criteria: the number of processed works; time required for training; the uniqueness of the works created; works completeness; number of genres; time required to create one composition; available functions; the possibility of finalizing the created works; endorsement from the music community; service cost. A table for comparing indicators was formed and artificial intelligence was determined that meets the necessary criteria for writing musical compositions for commercial purposes.

Keywords

Artificial intelligence, music, music writing, commercial use, sound processing, arts, benchmarking, efficiency

Received 30.06.2021

© Bauman Moscow State Technical University, 2021

References

- [1] Dhariwal P., Jun H., Payne C. et al. Jukebox: a generative model for music. URL: <https://arxiv.org/abs/2005.00341> (accessed: 15.08.2021).
- [2] Eamonn F., Stuart D. Musically. The report. *AI Report*, 2019, no. 425, pp. 1–20.
- [3] Zulić H. How AI can change/improve/influence music composition, performance and education: three case studies. *INSAM J. Contemp. Music, Art Technol.*, 2019, vol. 2, no. 1, pp. 100–114.
- [4] Aiva is the first AI to officially be recognised as a composer. *aibusiness.com: website*. URL: https://aibusiness.com/document.asp?doc_id=760181 (accessed: 15.08.2021).
- [5] Tsifrovoe audio ot A do Ya [Digital audio from A to Z]. *sony.ru: website* (in Russ.). URL: <https://www.sony.ru/electronics/support/articles/00165079> (accessed: 15.08.2021).
- [6] Sam E. Original music at your fingertips. *Impact Magazine*, 2017, pp. 10–11.
- [7] AI kompozitor Amper Music [Amper Music AI composer]. *anatolykulikov.ru: website* (in Russ.). URL: <https://anatolykulikov.ru/review/ai-composer-amper-music> (accessed: 15.08.2021).
- [8] Wikisound: website (in Russ.). URL: <http://wikisound.org/> (accessed 2020-06-05).
- [9] 100 oper. Slovar' muzykal'nykh terminov [100 operas. Vocabulary of music terms]. *100oper.ru: website* (in Russ.). URL: <http://100oper.ru/slovar-muz-term> (accessed 2020-06-05).

Sokolov T.D. — Student, Department of Computer Systems and Networks, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Askerova N.A. — Student, Department of Computer Systems and Networks, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Askerova A.A. — Master's Degree Student, Department of Higher Mathematics, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Sokolov T.D., Askerova N.A., Askerova A.A. Synthesis of the optimal-square-law regulator for car suspension control. *Politekhneskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2021, no. 10(63). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2021-10-740.html> (in Russ.).