Геоэкология

DOI: 10.35634/UdSU.2026.31.89.006

УДК 658.345

Е.Л. Никитина, Т.А. Крыга

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Согласно актуальным исследованиям, интенсивный шумовой фон представляет серьезную угрозу для человеческого организма, вызывая многоуровневые патологические изменения в работе основных физиологических систем. Особенно выраженное отрицательное влияние отмечается со стороны центральной нервной системы, сердечно-сосудистой деятельности и иммунного статуса. Для комплексной оценки влияния действующих источников шума в исследовании использовался набор объективных шумовых характеристик. Акустические характеристики, в том числе спектральные показатели звукового давления в октавных полосах, устанавливались в ходе экспериментальных измерений в зоне непосредственного распространения звуковых волн от источника. Главной задачей исследования выступает анализ и определение параметров звукового давления в промышленных зонах, а также формирование комплекса мер, направленных на повышение эффективности защиты персонала от акустического воздействия. В ходе работы доказана актуальность решения вопросов, связанных с шумовым воздействием на сотрудников предприятий машиностроительной отрасли, а также разработан комплекс практических мер, направленных на снижение его негативного воздействия в производственных условиях.
Ключевые слова: октавные уровни звукового давления, порог слышимости, гигиенические нормативы, шумомер, тугоухость.

Для цитирования: Никитина Е.Л., Крыга Т.А. Оценка влияния шума в условиях промышленного производства // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т. 9. Вып.2. С. 346–359. DOI: 10.35634/UdSU.2026.31.89.006

Введение

Воздействие промышленного шума на человеческий организм носит системный негативный характер. Даже при выполнении идентичных трудовых

операций он провоцирует повышенные энергетические затраты организма и существенно ухудшает способность персонала к концентрации внимания. В целом, продолжительное пребывание в условиях шумового воздействия ведет к устойчивому ухудшению психофизиологического состояния и общего здоровья работников. Установлено, что около 20 % работников, трудящихся на промышленных предприятиях России в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам, более трети из них (6,8 %) подвержены воздействию повышенного уровня шума и вибрации [1].

С точки зрения гигиены труда, систематическое воздействие производственного шума детерминирует широкий спектр негативных последствий. К ним относится развитие профессиональной патологии, рост общей заболеваемости, повышенная утомляемость со снижением производительности труда, а также увеличение риска производственного травматизма вследствие маскировки предупредительных сигналов и нарушения слухового контроля за технологическим оборудованием. Под воздействием производственного шума наиболее часто поражается орган слуха, так как слуховой анализатор в первую очередь воспринимает звуковые колебания и поражение его является адекватным действию шума на организм [2].

Согласно данным исследований, повышенный уровень шума обладает системным патогенным воздействием на организм человека, затрагивая большинство физиологических систем. При этом деградация слухового восприятия демонстрирует прямую корреляционную зависимость от длительности воздействия акустического раздражителя. Фактическая распространенность профессиональной тугоухости у рабочих, подвергающихся воздействию производственного шума в диапазоне от 80 до 120 дБА, колеблется от 3,6 до 55,1 случая на 100 обследованных [3,4]. Учитывая высокую распространенность нарушений слуховой функции среди производственных рабочих, регулярно подвергающихся интенсивному акустическому воздействию,

а также актуальность сохранения трудового потенциала, разработка методологии оценки производственного шума и комплекса защитных мероприятий приобретает первостепенное значение. Целью работы является оценка и расчет уровня звукового давления в расчетных точках помещений с различными видами производственной деятельности, а также разработка мероприятий по улучшению защиты работников от шумового загрязнения.

В качестве объекта исследования выбраны производственные площадки машиностроительного предприятия: цех по металлообработке, участок очистки сточных вод с гидравлической системой. Модернизация очистных сооружений машиностроительного предприятия— это часть текущей стратегии предприятия, продиктованная как экологическим законодательством, так и износом инфраструктуры советского периода. Устаревшее оборудование очистных сооружений 1960–1980-х годов постройки является серьезным источником шумового загрязнения. Основная проблема заключается не только в громкости, но и в низкочастотном гуле, который распространяется на большие расстояния. Для предприятия утверждена производственная программа на период до 2027 года, которая предусматривает поэтапное обновление производственной мощности: замена старых открытых воздуходувок на современные компрессоры в шумопоглощающих кожухах, установка датчиков контроля состава стоков в реальном времени, что позволит оптимизировать работу насосов и снизить их износ (и, как следствие, шум).

Источники постоянного шума, к которым относится технологическое оборудование, характеризуются октавными уровнями звукового давления. В качестве ключевых параметров для их оценки используются эквивалентные и максимальные уровни, определяемые в стандартном частотном диапазоне от 31,5 до 8000 Гц. На основании методик, изложенных в своде правил СП 51.13330.2011 «Защита от шума» и СНиП 23-03-2003, проведены расчеты уровней звукового давления в расчетных точках.

С целью анализа параметров функционирующих источников шумового воздействия были использованы результаты инструментальных измерений, включающие октавные уровни звукового давления, а также их эквивалентные и максимальные значения, зафиксированные в прямом звуковом поле на стандартной дистанции 1 метр от источника. Реализованный метод позволяет корректно учитывать реальные эксплуатационные параметры, включая работу в режимах, отличных от номинальных, и технологический износ механизмов.

При определении местоположения контрольных точек на промышленных участках и вспомогательных помещениях предприятия их принято размещать в рабочих зонах или секторах постоянного нахождения персонала на стандартной высоте 1,5 метра от отметки уровня пола. В помещениях с единичным источником шума или совокупностью однородных источников первая контрольная точка устанавливается в зоне прямого звукового поля на рабочем месте, тогда как вторая позиционируется в области преобладания отраженного звука в месте постоянного присутствия персонала, не связанного с непосредственной эксплуатацией данного оборудования. При наличии в помещении нескольких источников шума разница в уровнях звукового давления, превышающих 10 дБ, точки контроля выбираются у источников с экстремальными значениями уровней - максимальными и минимальными. В случае группировки технологического оборудования однородного типа контрольные точки определяются в центральных участках групп с наиболее высокими и наиболее низкими уровнями звукового воздействия. Для рабочих позиций, предусматривающих выполнение трудовых операций в положении стоя, измерительная точка фиксируется на высоте (1,55 ± 0,08) метра относительно рабочей поверхности, на которой располагается сотрудник. Для рабочих мест с режимом труда в сидячем положении контрольная точка устанавливается на высоте (0,80 ± 0,05) метра от плоскости сиденья. Измерение

шума проводилось с использованием шумомера ИШВ-1 по ГОСТ 17187-71 (рис.).

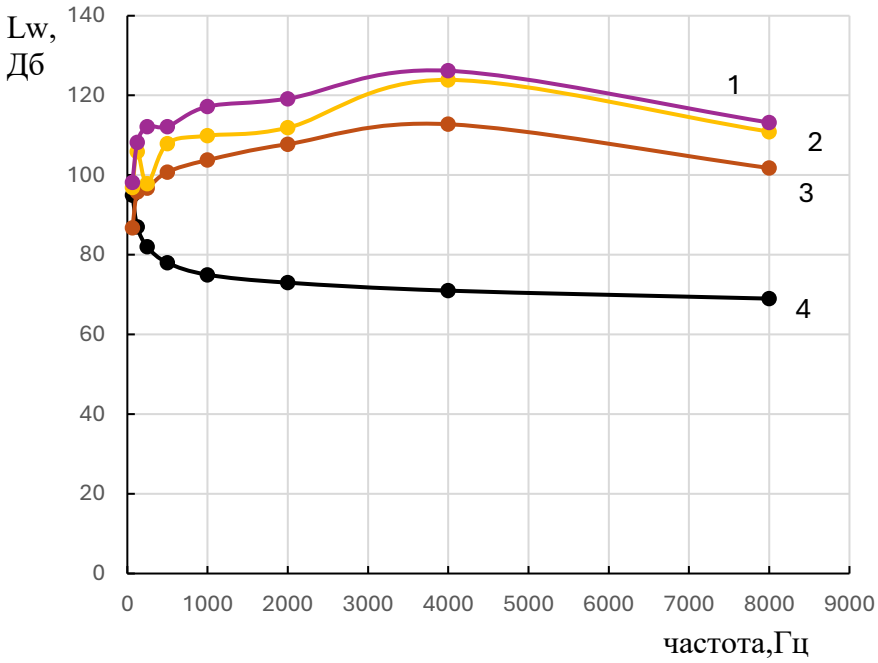


Рис. Зависимость уровня звукового давления от частоты

Примечание: 1 – участок флотационной очистки сточных вод, 2– насосная станция, 3– сборочный участок цеха, 4– допустимые значения по СНиП 23-03-2003

Стандартизация акустического воздействия осуществляется с использованием двух методологических принципов: нормализации по предельному спектру и регулирования по эквивалентному уровню звука. Первый подход представляет собой базовый метод контроля постоянных шумов, устанавливающий нормативы звукового давления в восьми октавных полосах со среднегеометрическими частотными характеристиками 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Система из восьми допустимых значений звукового давления, распределенных по указанным частотным диапазонам, определяется как предельный спектр шума. Отмечается превышение уровня звука над допустимым в исследуемых участках производства, что связано с устаревшим оборудованием и технологией промышленного производства.

Имеется перспектива к модернизации цехов и технологического оборудования на машиностроительном предприятии. Второй способ регламентации общего уровня шума, определяемого по шкале А, воспроизводящей частотную характеристику чувствительности человеческого слуха и выражаемого в единицах дБА, применяется для приблизительной оценки как постоянного, так и непостоянного шума.

Проведены расчеты уровней звукового давления на различных производственных участках в сравнении с допустимыми значениями. Установлено превышение уровней звукового давления в области звуковых частот от 63-8000 Гц в течении рабочего дня для производственных рабочих и эквивалентного уровня звука по шкале А за рабочую смену. Можно отметить превышение уровня звука по производственным участкам и по гигиеническим условиям труда (шум). Значительные превышения уровня звукового давления наблюдаются в области высоких частот, вследствие этого исследуемые участки производства по условиям труда можно отнести к опасным (табл.1).

Таблица 1.

Классы условий труда в зависимости от уровней шума на рабочем месте

Показатель	Класс условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	Превышение ПДУ (включительно)					
Шум. Уровни звука и звукового давления, эквивалентный уровень звука, дБ, дБА	< ПДУ	5	15	25	35	>35
Насосная Флотационная станция Участок сборки деталей						36 38 36

На очистных сооружениях предприятия для аэрации стоков используются роторные компрессоры или нагнетатели старых серий. Уровень шума может достигать 100–110 дБА внутри помещения и 75–85 дБА на прилегающей территории. Старые насосы часто работают с кавитацией и механическим дисбалансом. Отсутствие звукоизолирующих кожухов, изношенные узлы трения создают гул, который передается по трубам как по резонаторам, создают постоянный шум в помещении (табл2). Как правило, избыточный шум — это признак неэффективного расхода энергии (энергия уходит в звук и тепло, а не в работу). Работа персонала в таких зонах без СИЗ органов слуха быстро приводит к профессиональным заболеваниям.

Таблица 2

Сравнительная характеристика оборудования

Оборудование	Уровень шума , дБ А		Отличие
	Устаревшее оборудование	Современное оборудование	
Воздуходувки	105	70-75	Наличие звуковых кожухов и частотных преобразователей
Насосы	95	65-70	Использование погружных конструкций

Природа промышленного шума определяется типом его источников. Механический шум образуется при функционировании разнообразных механических устройств, а также в результате единичных или повторяющихся соударений в соединениях деталей, сборочных единиц или конструкций. Аэродинамический шум появляется во время перемещения воздушных потоков по трубопроводам и вентиляционным системам. Гидродинамический шум является следствием явлений, происходящих в жидких средах, таких как гидравлические удары или турбулентность потока. С позиций частотного анализа акустические колебания подразделяются на три категории: низкочастотные с концентрацией акустической энергии в области до 400 Гц, среднечастотные

с доминированием в диапазоне 400-1000 Гц и высокочастотные с максимальной интенсивностью свыше 1000 Гц. По характеристикам спектрального распределения шумы дифференцируются на широкополосные, обладающие непрерывным спектром с шириной полосы, превышающей одну октаву, и тональные, чей спектральный профиль содержит отчетливо выраженные дискретные гармонические компоненты.

С позиции временны́х параметров акустические воздействия подразделяются на стабильные и нестабильные, причем последняя категория дополнительно классифицируется на колебательные, прерывающиеся и импульсные. К стабильным относятся шумы, эквивалентный уровень звука которых в течение стандартной восьмичасовой рабочей смены демонстрирует временны́е колебания, не превышающие 5 дБА, тогда как для нестабильных шумов характерна изменчивость показателей, превышающая указанный порог в 5 дБА.

На начальной стадии формирования профессиональной нейросенсорной тугоухости восприятие акустических сигналов в низко- и среднечастотном диапазоне, равно как и разборчивость шепотной речи, сохраняются в пределах физиологической нормы. Рабочие в этой стадии не замечают имеющегося у них понижения слуха [5]. По мере эволюции патологического состояния возникает субъективное ощущение прогрессирующего снижения слуховой чувствительности, обусловленное нарушением восприятия в диагностически значимом частотном диапазоне 500-2000 Гц, соответствующем основным речевым частотам. Данный патологический процесс характеризуется медленной прогрессирующей динамикой, причем выраженность слухового дефицита демонстрирует прямую корреляцию с продолжительностью профессиональной деятельности в условиях интенсивного акустического воздействия.

Акустическое воздействие интенсивностью 130 дБ вызывает порог болевой чувствительности, тогда как уровни 150 дБ и выше потенцируют риск

необратимого повреждения кортиевого органа с сопутствующим нарушением целостности барабанной перепонки. Функциональные сдвиги, возникающие в системе кровообращения под влиянием интенсивного шума, со временем могут привести к стойким изменениям сосудистого тонуса, способствующим развитию гипертонической болезни [6].

Санитарно-гигиенические мероприятия играют системообразующую роль в структуре профилактических вмешательств, поскольку заключаются в разработке и методологическом обосновании соответствующих гигиенических регламентов, включая установление предельно допустимых уровней воздействия, что в дальнейшем формирует научную базу для практической реализации всего комплекса профилактических мер. Кроме того, санитарно-гигиенические мероприятия являются группой с наиболее широким охватом, так как точками приложения для них будут источники шума (технологическое оборудование), путь распространения шума, восприимчивый организм работника [7,8]. Вторичными по степени значимости выступают технологические превентивные вмешательства, так как технологическая модернизация производственных циклов и оборудования в ряде случаев позволяет достичь полного исключения акустического воздействия на персонал посредством внедрения технологических комплексов, эксплуатация которых исключает превышение нормативных показателей промышленного шума. Санитарно-технические меры структурно подразделяются на две группы: инженерные средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты. Приоритетная роль отводится инженерным методам коллективной защиты, что обусловлено их способностью обеспечивать одновременную защиту контингента работников и подтвержденной эффективностью в коррекции параметров производственной среды. В ситуациях, когда применение коллективных защитных механизмов не обеспечивает достижение гигиенических нормативов, осуществляется переход к использованию индивидуальных защитных средств.

Медико-профилактические вмешательства, реализуемые медицинским персоналом учреждений различной специализации, сфокусированы на коррекции функционального состояния работников и направлены на предупреждение или снижение степени выраженности негативных биологических эффектов, вызываемых воздействием повышенных уровней производственного шума. В целях минимизации негативного влияния шума на персонал в условиях цеха целесообразно внедрение комплекса профилактических мер. Санитарно-гигиенический блок включает регулярный мониторинг условий трудовой деятельности, в том числе лабораторные исследования, а также проведение экспертной оценки новых производственных линий и оборудования перед их потенциальным монтажом. Кроме того, осуществляется контроль над обеспечением сотрудников механического цеха индивидуальными средствами защиты слуха.

Технологические меры подразумевают замену конструкционных материалов оборудования на альтернативные с улучшенными звукопоглощающими свойствами, проведение балансировки всех вращающихся элементов, а также внедрение систем автоматизации и дистанционного управления процессами.

Санитарно-технические мероприятия охватывают архитектурно-планировочные решения, к которым относится зонирование цеха с вынесением шумного оборудования в обособленные участки, применение звукоизолирующих экранов и перегородок. Для отделки поверхностей рекомендуется использование специализированных акустических материалов, таких как звукопоглощающая штукатурка или пенополиуретановые покрытия, с дополнением в виде штучных поглотителей. При сохранении повышенных уровней шума обязательно применение наушников и противошумных вкладышей.

Медико-профилактическое направление предусматривает организацию обязательных и внеочередных медицинских осмотров с обязательным

аудиологическим скринингом, организацию кабинетов психоэмоциональной разгрузки, а также назначение витаминотерапии для укрепления сосудистых стенок, витаминов группы В для поддержания нейрогуморальной регуляции и комплексных витаминных препаратов. Существенную роль играет рационализация режима трудовой деятельности и рекреационных периодов с неукоснительным соблюдением регламентированных пауз, введение ограничения на нахождение в зонах с акустической нагрузкой выше 135 дБ, систематическая гигиена наружного уха, превентивные меры по предупреждению патологий оториноларингологического профиля, санация хронических воспалительных процессов и обеспечение условий для санаторно-курортной реабилитации.

Проведенное исследование подтверждает, что данная проблема сохраняет свою высокую медико-социальную значимость. Современные данные, как и результаты данной работы, свидетельствуют о системном негативном воздействии повышенного шума на организм работающего, при котором наиболее уязвимыми являются центральная нервная, сердечно-сосудистая и слуховая системы. На основе проведенного анализа разработан и научно обоснован комплекс профилактических мероприятий. Реализация предложенного комплекса мер позволит минимизировать профессиональные риски, сохранить здоровье работников и обеспечить долгосрочную эффективность производственного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манаенкова А.М. Общие принципы классификации, диагностики и лечения профессиональных заболеваний // Профессиональные заболевания: Руководство. М.: Медицина, 1996 Т.1. С.21 – 27
2. Радоуцкий В.Ю., Курбатов С.Н., Партигул Е.О. Влияние шума на состояние производственного травматизма и профессиональных заболеваний. // Образование, наука,

производство и управление в XXI веке: материалы международной научной конференции. Старый Оскол.: ТНТ, 2004.

3. Огурцова И.В., Радоуцкий В.Ю. Санитарно – гигиеническая аттестация рабочих мест // Современные проблемы строительства и реконструкции зданий и сооружений: материалы международной научно- технической конференции. Вологда, ВоГТУ.: 2003, С. 322 – 324.
4. Измеров Н.Ф. Профессиональные заболевания М.: Медицина, 1996, Т.1. 336 с.
5. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И. Профессиональный риск для здоровья работников. М.: Тровант, 2003, 448с.
6. Измеров Н.Ф., Сивочалова О.В., Денисов Э.И., Ткачев В.В. Вопросы риска в проблеме экологии человека // Наука о рисках: Занятость и обучение: Труды международной конференции. Страсбург, 1997, С.311 – 316
7. Измеров Н.Ф. Охрана здоровья рабочих и профилактика профзаболеваний на современном этапе // Медицина труда, 2002, №1. С.1 – 7
8. Измеров Н.Ф. Профессиональные заболевания. М.: Медицина, 1996. Т.2. 480 с.

Поступила в редакцию: 05.02.26

Сведения об авторах

Никитина Елена Леонидовна
к.т.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет» (ЯГТУ), 150023, Ярославская область, г. Ярославль, Московский проспект, д. 88, Россия.
E-mail: nikitinael@ystu.ru

Крыга Татьяна Андреевна
аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет» (ЯГТУ), 150023, Ярославская область, г. Ярославль, Московский проспект, д. 88, Россия.
E-mail: krigata@ystu.ru

E.L. Nikitina, T. A. Kryga

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF NOISE IN INDUSTRIAL PRODUCTION CONDITIONS

Annotation. According to current research, an intense noise background poses a serious threat to the human body, causing multi-level pathological changes in the functioning of the main physiological systems. A particularly pronounced negative effect is noted from the central nervous system, cardiovascular activity and immune status. A set of objective noise characteristics was used for a comprehensive assessment of the impact of existing noise sources in the study. Acoustic characteristics, including spectral indicators of sound pressure in octave bands, were established during experimental measurements in the zone of direct propagation of sound waves from the source. The main objective of the study is the analysis and determination of sound pressure parameters in industrial areas, as well as the formation of a set of measures aimed at increasing the effectiveness of personnel protection from acoustic exposure. In the course of the work, the relevance of solving issues related to the noise impact on employees of enterprises of the engineering industry was proved, as well as a set of practical measures was developed aimed at reducing its negative impact in production conditions.
Key words: octave sound pressure levels, hearing threshold, hygienic standards, sound level meter, hearing loss.

For citation: Nikitina E.L., Kryga T. A. [Assessment of the influence of noise in industrial production conditions] *Upravlenie tekhnosferoi,* 2026, vol. 9, issue 2, pp. 346–359. DOI: 10.35634/UdSU.2026.31.89.006. (In Russ.).

REFERENCES

1. Manaenkova A.M. Obshchie printsipy klassifikatsii, diagnostiki i lecheniya professional'nykh zabolevanii [General principles of classification, diagnosis, and treatment of occupational diseases]. *Professional'nye zabolevaniya: Rukovodstvo* [*Occupational Diseases: A Guide*]. Moscow: Meditsina, 1996, vol. 1, pp. 21 – 27. (In Russ).
2. Radoutskii V.Yu., Kurbatov S.N., Partigul E.O. Vliyanie shuma na sostoyanie proizvodstvennogo travmatizma i professional'nykh zabolevanii [Influence of noise on the state of occupational injuries and occupational diseases]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Obrazovanie, nauka, proizvodstvo i upravlenie v KHKhI veke»* [*Materials of the International Scientific conference "Education, Science, Production and Management in the XXI century*"]. Staryi Oskol: TNT, 2004. (In Russ).
3. Ogurtsova I.V., Radoutskii V.Yu. Sanitarno – gigienicheskaya attestatsiya rabochikh mest [Sanitary and hygienic certification of workplaces]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-*

tekhnicheskoi konferentsii «Sovremennye problemy stroitel'stva i rekonstruktsii zdanii i sooruzhenii» [*Materials of the international scientific and technical conference "Modern problems of construction and reconstruction of buildings and structures*"]. Vologda, VoGTU.: 2003, pp. 322 – 324 (In Russ).

4. Izmerov N.F. *Professional'nye zabolevaniya* [Occupational diseases]. Moscow, 1996, vol.1. Meditsina Publ., 336p. (In Russ).
5. Izmerov N.F., Denisov Eh.I. *Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotnikov* [Occupational health risk for employees]. Moscow: Trovant Publ., 2003, 448 p. (In Russ).
6. Izmerov N.F., Sivochalova O.V., Denisov Eh.I., Tkachev V.V. Voprosy riska v probleme ehkologii cheloveka [Issues of risk in the problem of human ecology]. *Nauka o riskakh: Zanyatost' i obuchenie: Trudy mezhdunarodnoi konferentsii* [*Science of risks: Employment and training: Proceedings of the International Conference*]. Strasburg, 1997, pp. 311 – 316. (In Russ).
7. Izmerov N.F. Okhrana zdorov'ya rabochikh i profilaktika profzabolevanii na sovremennom ehtape [Workers' health protection and prevention of occupational diseases at the present stage]. *Meditsina truda* [*Occupational medicine*], 2002, no. 1, pp.1 – 7. (In Russ).
8. Izmerov N.F. *Professional'nye zabolevaniya* [Occupational diseases]. Moscow: Publ., Meditsina, 1996, vol.2. 480 p. (In Russ).

Received: 05.02.26

About the Authors

Nikitina Elena Leonidovna
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University" (YSTU), 150023, Yaroslavl region, Yaroslavl, Moskovsky Prospekt, 88, Russia.
E-mail: nikitinael@ystu.ru

Kryga Tatyana Andreevna
postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Yaroslavl State Technical University” (YSTU), 150023, Yaroslavl region, Odessa, Yaroslavl st., Moskovsky avenue, 88, Russia.
E-mail: krigata@ystu.ru