

А.Р. Ибрагимов<sup>1</sup>, Н.Г. Филиппенко<sup>1</sup>, Д.Д. Быстров<sup>1</sup>, Р.А. Манданов<sup>1</sup>, С.А. Колосов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ИРКУТСКОГО ЗАВОДА ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Аннотация.** Иркутский завод тяжелого машиностроения в процессе испытывает сложности с поиском более технологичных лакокрасочных покрытий для защиты поверхностей изделий из металла, которые эксплуатируются в условиях связанных с применением агрессивных водных растворов с находящимися в них абразивными материалами. К лакокрасочным покрытиям, которые они используют, предъявляются повышенные требования со стороны, ОТК и заказчиков. Проведенные авторами исследования и разработанная методика их проведения позволили определить наиболее оптимальный состав лакокрасочного покрытия, соответствующий условиям эксплуатации выпускаемых ИЗТМ изделий. В данной научной работе проведен сравнительный анализ используемого и предлагаемого лакокрасочного покрытия. Даны укрупненно технология и предложены и описаны способы нанесения этих покрытий.

Проведенные исследования и натурные испытания позволяют сделать вывод, что использование предлагаемого авторами варианта лакокрасочного покрытия ускоряет процесс высыхания, при неизменном качестве и требуемых необходимых свойствах покрытия по сравнению с базовым вариантом покрытия. Снижение в три раза времени, затрачиваемого на подготовку и нанесение лакокрасочных покрытий, без потери нужных качеств, доказывает более приемлемую технологичность предлагаемого авторами состава.

Проведенные исследование показали, что используемое в настоящее время оборудование для покраски изделий полностью соответствует требованиям качества, предъявляемое заказчиком, поэтому необходимость в установке нового или модернизации старого отсутствует.

**Ключевые слова:** лакокрасочные покрытия, материал, оборудование, окрашивание.

A.R. Ibragimov<sup>1</sup>, N.G. Filippenko<sup>1</sup>, D.D. Bystrov<sup>1</sup>, R.A. Mandanov<sup>1</sup>, S.A. Kolosov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

## RESEARCH OF PAINT COATINGS OF THE IRKUTSK HEAVY MACHINERY PLANT

**Abstract.** Irkutsk Heavy Machinery Plant is experiencing difficulties in the process of finding more technologically advanced paint coatings to protect the surfaces of metal products that are operated in conditions associated with the use of aggressive aqueous solutions with abrasive materials contained in them. The paint coatings that they use are subject to increased requirements from the side, OTC and customers. The research carried out by the authors and the developed methodology for their implementation allowed us to determine the most optimal composition of the paint coating that corresponds to the operating conditions of the products manufactured by IZTM. In this scientific work, a comparative analysis of the paintwork used and proposed is carried out. The technology is given in detail and the methods of applying these coatings are proposed and described.

The conducted research and field tests allow us to conclude that the use of the paint coating option proposed by the authors accelerates the drying process, with the same quality and required necessary properties of the coating compared to the basic coating option. A three-fold reduction in the time spent on the preparation and application of paint coatings, without losing the necessary qualities, proves the more acceptable manufacturability of the composition proposed by the authors.

The conducted research has shown that the equipment currently used for painting products fully meets the quality requirements imposed by the customer, therefore there is no need to install a new one or upgrade the old one.

**Keywords:** paint coatings, material, equipment, painting.

### Введение

Современные лакокрасочные материалы представляют собой композиционные материалы, которые после нанесения на какую-либо поверхность превращаются в результате физических или химических процессов в сплошную твердую пленку с определенным комплексом свойств. Адгезионные свойства покрытий позволяют прочно соединяться с покрываемой поверхностью.

Лакокрасочное покрытие (ЛКП) – сформировавшаяся пленка, образованная в результате полимеризации лакокрасочного материала.

ЛКП выполняет две задачи – защитное и декоративное. Покрытие защищает изделия от механических и химических (коррозии, влаги, загнивания и др.) воздействий, и к тому же придает ему эстетический вид. Несмотря на достаточно продолжительный период использования ЛКП в машиностроении остаются достаточно много неизученных моментов данного процесса, связанных с использованием качественно новых полимерных и композитных материалов в их составе. В связи с этим возникают проблемы с выбором наиболее оптимальных с точки зрения технологичности нанесенного покрытия и стоимости материалов, поэтому целью данной работы была разработка методики сравнительного анализа имеющихся ЛКП применительно к условиям Иркутского завода тяжелого машиностроения.

### **Исследование лакокрасочных покрытий**

Структура лакокрасочного покрытия на предприятии Иркутского тяжелого машиностроения состоит из двух слоев:

1 – грунтовочный слой (грунт) считается фундаментом лакокрасочного покрытия. Он обеспечивает необходимую адгезию лакокрасочного покрытия к подложке, защищает ее от воздействия разрушающих факторов и последующие слои покрытия – от воздействия подложки;

2 – покрывной (внешний или финишный) слой принимает на себя все виды внешних воздействий [1].

Иркутский завод тяжелого машиностроения (ИЗТМ) использует лакокрасочные покрытия для изделий горнодобывающей и обогатительной промышленности с целью защиты их от коррозии, воздействия абразивных материалов и агрессивной окружающей среды (цианиды, растворы солей).

На ИЗТМ используется лакокрасочное покрытие состоящее из комбинации Цинотана (грунтовый слой) и Ферротана (покрывной слой) (рис. 1).



**Рис. 1** Металлическая пластинка, покрытая Цинотаном и Ферротаном

Цинотан используется, как антикоррозионная защита металлических конструкций в пресной или морской воде, в водных растворах солей и в атмосферных условиях всех макроклиматических районов. Применяется в промышленном, гражданском, транспортном и нефтегазовом строительстве [2].

Композиция Ферротан применяется для защиты от коррозии металлических, бетонных и железобетонных конструкций. Покрытие устойчиво в водных растворах солей, щелочей и кислот. Материал рекомендован к использованию в нефтегазовой и химической промышленности, металлургии, при строительстве мостов и гидротехнических сооружений [3].

Несмотря на то, что эта комбинация материалов использовалась продолжительное время, современность предлагает новое лакокрасочное покрытие состоящие из Инвако Zn (грунтовый слой) и Инвако 75(финишный слой) (рис. 2).

Инвако Zn применяется в качестве грунтового, покрывного или самостоятельного слоя, как антикоррозионная защита металлических конструкций, которые эксплуатируются в условиях умеренного, умеренно-холодного и холодного климата. Применяется в промышленных объектах со средне- и сильноагрессивной промышленной атмосферой. Данное лакокрасочное покрытие эффективно при гражданском строительстве, покраске морских и речных судах, портовых сооружениях и на других металлоконструкциях различного назначения [4].

Инвако 75 обеспечивает долговременную защиту от сред с высокой коррозионной активностью. Может применяться в качестве грунтового, покрывного слоя или самостоятельной системы покрытия. Это лакокрасочное покрытие эксплуатируется в промышленных объектах в средне- и сильноагрессивной промышленной атмосфере, транспортных сооружениях (мосты, туннели), морских и речных судах, гидротехнических и портовых сооружениях [5].



Рис. 2 Металлическая пластинка, покрытая Инвако Zn и Инвако 75

Таким образом, рассмотрев в качестве примера два варианта предлагаемых лакокрасочных материалов дальнейшая работа была направлена на разработку методики автоматизированного сравнения свойств ЛПК.

Основным этапом работы были критерии оценки ЛПК, которые определялись на основе технических требований и условий, указанных в заявках конструкторского и технологического отделов.

Критерии оценки оптимальности для вышеперечисленных лакокрасочных покрытий сводились в таблицу (табл. 1) и на примере выбранных ЛПК, представлены в столбцах 2-5.

Таблица 1 – Сравнительный анализ предлагаемых лакокрасочных покрытий

	Название ЛКП 1	Критерии оценки оптимальности ЛПК			
		Стоимость, р/кг	Время сушки при температуре (20 ± 3) °С, ч	Теоритический расход на один слой, г/м <sup>2</sup>	Толщина одного слоя, мкм
	1	2	3	4	5
1	Цинотан	1150	2	355	80
2	Ферротан	650	8	225	100
3	<b>Итого 1</b>	<b>1800</b>	<b>10</b>	<b>580</b>	<b>180</b>
	Название ЛКП 2	Стоимость, р/кг	Время сушки при температуре (20 ± 3) °С, ч	Теоритический расход на один слой, г/м <sup>2</sup>	Толщина одного слоя, мкм
4	Инвако Zn	1000	1	240	60
5	Инвако 75	540	2,5	340	180
6	<b>Итого 2</b>	<b>1540</b>	<b>3,5</b>	<b>580</b>	<b>240</b>
7	<b>Рекомендуемые оптимальные значения минимума затрат</b>	<b>1540</b>	<b>3,5</b>	<b>580</b>	<b>180</b>

Методика позволяет предприятиям самостоятельно определять критерии оценки оптимальности. В нашем случае применительно к ИЗТМ это стоимость, время сушки, теоритический расход, толщина одного слоя. Расчет по показателям оптимальности ведется в автоматическом режиме и вносится в предварительные результаты, указанные в строках 3 и 6. Выбор рекомендуемых минимальных значений затрат по критериям оценки ведется в автоматическом режиме и результат показывается в строке 7.

Необходимо отметить, что методика применима только с использованием весовых коэффициентов каждого критерия оценки. В задачах с многокритериальными значениями, к которому можно отнести и нашу задачу, возникают сложности аналитического расчета таких коэффициентов объективной оценки важности частных критериев. В нашем случае с минимаксными критериями оптимальности, весовые коэффициенты находились исходя из эмпирических значений, определяемых на основе консультаций со специалистами различных отделов предприятия. Найденные весовые коэффициентам Иркутского завода тяжелого машиностроения в данной статье не приводятся ввиду того, что они могут быть использованы недобросовестными поставщиками сырья и материалов.

Таким образом, использование простых табличных редакторов позволяет по выбранным критериям оценки автоматизировано определить минимальные значения затрат для каждого вида ЛКП.

Дополнительной опцией данной методики является возможность выбора оптимальных затрат по построенным или имеющимся графическим данным.

Таким образом, апробация методики сравнительного анализа двух вариантов покрытия была позволила определить, что вариант нанесения лакокрасочного покрытия состоящего из соединений Инвако Zn и Инвако 75, для условий работы Иркутского завода тяжелого машиностроения, наиболее предпочтителен, по критериям столбцов 2 и 3, а вариант покрытия Цинотан и Ферротант более оптимален по критериям 3 и 4 (табл. 1).

### **Способы нанесения лакокрасочных покрытий**

Для решения подзадачи выбора и сравнения имеющегося на ИЗТМ технологического обеспечения с предлагаемым на рынке современным оборудованием нанесения ЛПК, были произведены следующие исследования.

Для нанесения лакокрасочных покрытий на Иркутском заводе тяжелого машиностроения используют технологии окрашивания кистями, пневматическое окрашивание и безвоздушное окрашивание.

Наиболее бюджетным является способ нанесения является ручное лакокрасочное покрытие кистями. Достоинство такого метода окрашивание заключается в его простоте и универсальности. Более того это технология известна и достаточно отработана и не требует высококвалифицированных рабочих специалистов.

При пневматическом окрашивании краска захватывается из емкости воздушной струей, распыляется, образуя факел красочного аэрозоля с углом раскрытия 60°. Струя краски на выходе имеет скорость около 330 м/с, быстро её теряет и на расстоянии 300-400 мм от сопла скорость составляет порядка 10-15 м/с. Краска наносится краскораспылителем, к которому проводятся краска и сжатый воздух. Сжатый воздух под давлением 0,2-0,5 МПа подается от компрессора. Подача лакокрасочного материала производится по трубам из красконагнетельного бачка. Особенность данного способа в том, что лакокрасочные материалы всех типов могут легко наноситься на изделия различного размера и любой конфигурации. Получаемые поверхности относятся к лучшему классу по качеству покрытия. Данный способ универсален и широко распространен в промышленности.

При окрашивании изделий методом безвоздушного распыления, в отличие от пневматического, распыл лакокрасочных материалов происходит без непосредственного участия сжатого воздуха (он используется только в качестве привода насоса, создающего давление на лакокрасочные материалы). Основано безвоздушное распыление на принципе дробления лакокрасочных материалов на мелкие капли благодаря высокой скорости его истечения из соп-

ла, которая обеспечивается подачей лакокрасочных материалов под большим давлением. При перепадах давления 10-20 МПа при выходе из сопла лакокрасочного материала образуется аэрозольный факел и оседает на окрашиваемой поверхности. Краска подается к соплу распылителя под высоким давлением (4,0-25 МПа) и распыляется без помощи сжатого воздуха. При выходе её из пистолета в атмосферу (вследствие перепада давлений) резко повышается упругость паров растворителя, мгновенно испаряется его легколетучая часть и происходит дробление лакокрасочных материалов.

Плюсы безвоздушного распыления заключаются в понижении расхода ЛКМ и потери сокращаются на 20-35%. На 15-25% сокращается расход растворителей при доведении составов до рабочей вязкости, так как применяются более вязкие системы. Повышается производительность труда благодаря возможности нанесения меньшего числа слоев покрытий. Уменьшается шанс возникновения пожара [6-11].

Необходимо отметить, что Иркутский государственный университет путей сообщения достаточно успешно занимается полимерами и их способами обработки, контроля по фазовым превращениям в них, поэтому некоторые основополагающие выводы работ [12-15] были взяты для дальнейших исследований.

Несмотря на то, что данные способы нанесения лакокрасочных покрытий относятся к ручным способам нанесения, но получаемые с их помощью покрытия относятся к лучшему классу, что и явилось критерием выбора, применительно к условиям работы ИЗТМ.

Также исследования показали, что определение класса покрытий и проведения испытаний на прочность и стойкость лакокрасочных покрытий на заводе осуществляются методами визуально-измерительного контроля, что не всегда позволяет определить качество ЛПК. Необходимо отметить, что к аналогичным выводам пришли также специалисты ИЗТМ.

Таким образом, можно утверждать, что с целью повышения эффективности контрольно-измерительных мероприятий по проверки качества нанесения лакокрасочных покрытий необходимо ввести в технологический процесс автоматизированный способ проверки с установкой соответствующего оборудования.

Таким образом, приведенный анализ имеющегося оборудования и способов покраски, используемых на предприятии Иркутского завода тяжелого машиностроения, полностью соответствует критериям качества.

### **Заключение**

Проведения исследования используемых предприятием Иркутского завода тяжелого машиностроения лакокрасочных покрытий позволяют сделать вывод, что применение ЛПК на основе соединений Инвако Zn и Инвако 75 является наиболее предпочтительным. Оно в 3 раза ускорит время высыхания и придаст изделиям большую стойкость при работе их в агрессивных средах. При этом экономия только от приобретения материалов снизится с 1800 до 1540 руб/кг.

Используемое оборудование и технология покраски изделий, применяемое на Иркутском заводе тяжелого машиностроения полностью соответствуют требованиям заказчика, поэтому в необходимости модернизации имеющегося или установки нового на сегодняшний день нет необходимости.

Также было определено, что с целью повышения эффективности контрольно-измерительных мероприятий по проверки качества нанесения лакокрасочных покрытий необходимо ввести в технологический процесс автоматизированный способ проверки с установкой соответствующего оборудования. Данный вопрос в настоящей работе не рассматривался и является темой дальнейших исследований.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лакокрасочные материалы. Виды, свойства, состав, маркировка. – Режим доступа: <https://extxe.com/7585/lakokrasochnye-materialy/> (дата обращения 14.05.2023).
2. Цинотан композиция антикоррозионная цинкнаполненная. – Режим доступа: <https://vmp-anticor.by/harakteristiki/tsinotan.pdf> (дата обращения 14.05.2023).
3. Полиуретановая композиция Ферротан. – Режим доступа: <https://vmp-anticor.ru/anticorrosive-materials/ferrotan/> (дата обращения 14.05.2023).
4. Эпоксидная грунтовка цинкнаполненная Инвако Мастик Zn. – Режим доступа: <https://invaco.ru/epoksidnaya-gruntovka-czinknapolnennaya-invako-mastik-zn/> (дата обращения 14.05.2023).
5. Грунт-эмаль эпоксидная Инвако Мастик 75 – Режим доступа: [https://invaco.ru/wp-content/uploads/2022/09/invako\\_m75\\_izd1.pdf](https://invaco.ru/wp-content/uploads/2022/09/invako_m75_izd1.pdf) (дата обращения 14.05.2023).
6. Способы нанесения лакокрасочных покрытий – Режим доступа: [https://studopedia.ru/21\\_95630\\_sposobi-naneseniya-lakokrasochnih-pokritiy.html](https://studopedia.ru/21_95630_sposobi-naneseniya-lakokrasochnih-pokritiy.html) (дата обращения 14.05.2023).
7. Буторин Д.В., Филатова С.Н., Лившиц А.В., Каргапольцев С.К. Автоматизация контроля структурных превращений в полимерных материалах при электротермической обработке Д.В. Буторин, С.Н. Филатова, А.В. Лившиц, С.К. Каргапольцев Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 117-125.
8. Любимов Б.В. Защитные покрытия изделий. Справочник конструктора / Б.В. Любимов. – Ленинград: Изд-во Машиностроение, 1969. – 214 с.
9. Барташев Л.В. Справочник конструктора и технолога по технико-экономическим расчетам / Л.В. Барташев – Москва: Машиностроение, 1979. – 220 с.
10. Чеботаревский В.В. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении / В.В. Чеботаревский, Э.К. Кондрашов – Москва: Машиностроение, 1978. – 294 с.
11. ГОСТ 28246–2016. Материалы лакокрасочные. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 28246–2006; – М. : Стандартинформ, 2018. – 39 с.
12. ГОСТ 9825-73. Материалы лакокрасочные. Термины, определения и обозначения. – М. : Стандартинформ, 2018. – 39 с.
13. Филиппенко Н.Г., Буторин Д.В., Лившиц А.В., Попов М.С., Гозбенко В.Е. Автоматизация измерения температуры полимерного материала при высокочастотном электротермическом нагреве / Н.Г.Филиппенко, Д.В. Буторин, А.В.Лившиц, М.С. Попов, В.Е. Гозбенко Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 1 (53). С. 96-103.
14. Лившиц А.В., Машович А.Я., Филиппенко Н.Г. Аспекты электротермической обработки материалов электромагнитным полем высокой частоты / А.В. Лившиц, А.Я. Машович, Н.Г. Филиппенко Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 2 (30). С. 135-140.
15. Лившиц А.В., Ларченко А.Г., Филатова С.Н. Высокочастотная электротермическая обработка неметаллического вторичного сырья / А.В. Лившиц, А.Г. Ларченко, С.Н. Филатова Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. № 6. С. 55-65.

## REFERENCES

1. Paint and varnish materials. Types, properties, composition, labeling. – Access mode: <https://extxe.com/7585/lakokrasochnye-materialy/> (accessed 14.05.2023).
2. Cinotan is a zinc-filled anticorrosive composition. – Access mode: <https://vmp-anticor.by/harakteristiki/tsinotan.pdf> (accessed 14.05.2023).
3. Polyurethane composition Ferrotane. – Access mode: <https://vmp-anticor.ru/anticorrosive-materials/ferrotan/> (accessed 14.05.2023).

4. Epoxy primer zinc-filled Invaco Mastic Zn. – Access mode: <https://invaco.ru/epoksidnaya-gruntovka-czinknapolnennaya-invako-mastik-zn> (accessed 14.05.2023).
5. Primer-epoxy enamel Invaco Mastic 75 – Access mode: [https://invaco.ru/wp-content/uploads/2022/09/invako\\_m75\\_izd1.pdf](https://invaco.ru/wp-content/uploads/2022/09/invako_m75_izd1.pdf) (accessed 14.05.2023).
6. Methods of applying paint coatings – Access mode: [https://studopedia.ru/21\\_95630\\_sposobi-naneseniya-lakokrasochnih-pokritiy.html](https://studopedia.ru/21_95630_sposobi-naneseniya-lakokrasochnih-pokritiy.html) (accessed 14.05.2023).
7. Butorin D.V., Filatova S.N., Livshits A.V., Kargapoltsev S.K. Avtomatizatsiya kontrolya strukturnykh prevrashcheniy v polimernykh materialakh pri elektrotermicheskoy obrabotke [Automation of control of structural transformations in polymeric materials during electrothermal processing] D.V. Butorin, S.N. Filatova, A.V. Livshits, S.K. Kargapoltsev Modern technologies. System analysis. Modeling. 2016. No. 1 (49). pp. 117-125.
8. Lyubimov B.V. Protective coatings of products. Designer's Handbook / B.V. Lyubimov. – Leningrad: Publishing House of Mechanical Engineering, 1969. – 214 p.
9. Bartashev L.V. Handbook of a designer and technologist on technical and economic calculations / L.V. Bartashev - Moscow: Mashinostroenie, 1979. – 220 p.
10. Chebotarevsky V.V. Technology of paint coatings in mechanical engineering / V.V. Chebotarevsky, E.K. Kondrashov – Moscow: Mashinostroenie, 1978. – 294 p.
11. GOST 28246-2016. Paint and varnish materials. Terms and definitions. – In accordance with GOST 28246-2006; – Moscow : Standartinform, 2018. – 39 p.
12. GOST 9825-73. Paint and varnish materials. Terms, definitions and designations. – Moscow : Standartinform, 2018. – 39 p.
13. Livshits A.V., Larchenko A.G., Filatova S.N. Vysokochastotnaya elektrotermicheskaya obrabotka nemetallichesko vtorichnogo syr'ya [High-frequency electrothermal treatment of non-metallic secondary raw materials] / A.V. Livshits, N.G., A.G. Larchenko, S.N. Filatova Science and education: scientific edition of the Moscow State Technical University. N.E. Bauman. 2014. No. 6. pp. 55-65.
14. Livshits A.V., Mashovich A.Ya., Filippenko N.G. Aspekty elektrotermicheskoy obrabotki materialov elektromagnitnym polem vysokoy chastoty [Aspects of electrothermal treatment of materials by high frequency electromagnetic field] / A.V. Livshits, A.Ya. Mashovich, N.G. Filippenko Modern technologies. System analysis. Modeling. 2011. No. 2 (30). pp. 135-140.
15. Filippenko N.G., Butorin D.V., Livshits A.V., Popov M.S., Gozbenko V.E. Avtomatizatsiya izmereniya temperatury polimernogo materiala pri vysokochastotnom elektrotermicheskom nagreve [Automation of measuring the temperature of polymeric material during high-frequency electrothermal heating] / N.G. Filippenko, D.V. Butorin, A.V. Livshits, M.S. Popov, V.E. Gozbenko Modern technologies. System analysis. Modeling. 2017. No. 1 (53). pp. 96-103.

#### **Информация об авторах**

*Ибрагимов Александр Рамильевич* – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: alexandrib95@mail.ru

*Филиппенко Николай Григорьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: ifpi@mail.ru

*Быстров Даниил Дмитриевич* – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: mrbystrov8989@gmail.com

*Манданов Родион Александрович* – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: rodionmandanov086@gmail.com

*Колосов Семён Алексеевич* студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г Иркутск, email: semion.kolosoff@yandex.

### **Information about the authors**

*Ibragimov Alexander Ramilevich* – Student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: alexandrib95@mail.ru

*Filippenko Nikolay Grigorievich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Automation of production processes» Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: ifpi@mail.ru

*Bystrov Daniil Dmitrievich* Student, Department of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: mrbystrov8989@gmail.com

*Mandanov Rodion Aleksandrovich* – student, department «Automation of production processes» Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: rodionmandanov086@gmail.com

*Kolosov Semyon Alekseevich* student, Department of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: semion.kolosoff@yandex.