

УДК 665.637.8

**О ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ  
И МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОСТАТОЧНЫХ ДОРОЖНЫХ  
БИТУМОВ ИЗ САХАЛИНСКИХ НЕФТЕЙ**

**ON THE CHOICE OF TECHNOLOGY FOR RESIDUAL  
AND MODIFIED RESIDUAL BITUMEN  
FROM SAKHALIN CRUDE OILS**

**Евдокимова Н. Г., Байгузина Ю. А., Иванова А. В.**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
филиал в г. Салавате, Российская Федерация**

**N. G. Evdokimova, Yu. A. Bajguzina, A. V. Ivanova**

**Ufa State Petroleum Technological University,  
Branch in the Salavat, Russian Federation**

**e-mail: ruskih1.r@yandex.ru**

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований технологии получения остаточных и модифицированных остаточных битумов из сахалинских нефтей. Основная цель работы - отработка технологии производства остаточных битумов вакуумной перегонкой мазута и совершенствование физико-химических свойств полученных битумов полимерными модификаторами. В качестве сырья вакуумной перегонки использовали мазут нефти окружного месторождения о. Сахалин. Установлено, что для обеспечения качественных показателей в соответствие с требованиями ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14 на дорожный битумвакуумную перегонку мазута целесообразно проводить с отбором вакуумного газойля до 500 °С, а полученный остаток

модифицировать современными полимерными модификаторами, которые позволят увеличить значения температуры размягчения и пенетрации.

Для исследования возможности получения модифицированных остаточных дорожных битумов был использован остаток вакуумной перегонки мазута, с началом кипения 500 °С. В качестве полимерных модификаторов были выбраны стирол бутадиен-стирольные каучуки марок КТР-101 и Д-30-01 в количестве 2,0; 2,4 и 3,0 % мас. на остаточный битум. Анализ результатов исследований свойств показал, что полученные модифицированные битумы имеет улучшенные свойства, которые характеризуются такими показателями качества, как значения показателя растяжимости, температуры размягчения, потери массы и изменение температуры размягчения после старения. Установлено, что введение полимерных модификаторов способствует снижению значений пенетрации остаточного битума.

По результатам исследований определена возможность получения модифицированного остаточного битума из сахалинской нефти при вакуумной перегонке мазута в соответствии с требованиями ГОСТ 22245-90. Рекомендованы составы модифицированного остатка вакуумной перегонки мазута для производства битума дорожной марки БНД 90/130 по ГОСТ 22245-90.

**Abstract.** The paper presents the results of studies of technology of residual residual bitumen and modified their Sakhalin crude oils. The main goal of the work-working out production technology of residual bitumen vacuum distillation of oil and improvement of physico-chemical properties of the obtained bitumen polymer modifiers. As a raw material used oil fuel oil vacuum distillation district deposits on Sakhalin Island. It is established that, in order to ensure the quality indicators in line with the requirements of GOST 22245-90, GOST 33133-14 and roadbitumen vacuum distillation of fuel oil is expedient to conduct the selection of vacuum Gasoil to 500 °С, and the resulting residue

modify modern polymer modifiers, designed, which will increase the temperature of a softening and penetration.

To study the possibilities of obtaining modified road bitumen residue has been used residue vacuum distillation, with the beginning of boiling 500 °C. As a polymer modifier been selected styrene styrene-butadiene rubbers stamps KTR-101 and DST-30-01 in the amount of 2.0; 2.4 and 3.0 % of the mas. the residual bitumen. Analysis of the results of the research showed that the property received modified bitumen has improved properties, which are characterized by such indicators as the value of the elasticity, softening temperature, weight loss and softening temperature change after aging. It has been established that the introduction of polymer modifiers helps reduce residual penetration values of bitumen.

Research the possibility of obtaining modified residual bitumen from Sakhalin oil vacuum distillation of oil in line with the requirements of GOST 22245-90. Recommended formulations modified residue vacuum distillation for the production of road bitumen of mark BND 90/130 according to GOST 22245-90.

**Ключевые слова:** мазут, остаток вакуумной перегонки, остаточный битум, модифицирование, полимерные добавки, температура размягчения, пенетрация.

**Key words:** fuel oil, residue vacuum distillation, residual bitumen, modification, polymer additives, softening point, penetration.

В мировой практике дорожного строительства наряду с окисленными часто применяются остаточные дорожные битумы, полученные при вакуумной перегонке мазута. Однако для производства остаточных битумов требуется сырье с возможно большим содержанием асфальтено-смолистых веществ, а от отношения: асфальтены / смолы в сырье зависят свойства и структура битума [1].

За рубежом производство остаточных битумов широко распространено. В России данная технология в битумном производстве пока не получила значительного развития, т.к. производить высококачественные битумы этим способом можно только из отборной, высокосмолистой тяжелой нефти, что является непреодолимым препятствием для широкого внедрения этого способа в России.

Небольшие колебания состава сырья для производства остаточных битумов оказывает огромное влияние на их качество. При производстве остаточные битумы не всегда соответствуют требованиям ГОСТ на дорожные битумы. Однако можно целенаправленно регулировать свойства остаточного нефтяного битума, изменяя его молекулярно-коллоидную структуру введением различных модифицирующих добавок, что позволяет получить битумы или материалы на их основе с улучшенным показателем качества или комплексом показателей [2].

Многочисленные исследования зарубежных и отечественных ученых показали, что модифицирование битума полимерными добавками приводит к получению полимерно-битумного вяжущего (ПБВ), которое при деформации внутренней структуры начинает работать как материал с некоторым внутренним армированием. Наиболее применимыми полимерными материалами в дорожном строительстве являются эластомеры, термопласты и термоэластопласты.

Полимерные модификаторы являются структурирующими добавками, распределяются в дисперсной среде или создают собственную структурную сетку в битуме. Полимерный каркас обеспечивает прочность, отсутствие текучести при повышении температуры, высокие деформативные свойства при понижении температуры, расширяя диапазон работоспособности битумных материалов, и при правильном подборе рецептуры полимерсодержащего битумного материала, асфальтобетонное покрытие на его основе может эксплуатироваться до 20 лет.

Нефть, добываемая из различных пластов окружного месторождения острова Сахалин, характеризуется как малосернистая, малопарафинистая, высокосмолистая, малоасфальтеновая, с незначительной вязкостью и может быть использована для производства остаточных битумов. Поэтому целью работы стала отработка технологии производства остаточных битумов вакуумной перегонкой мазута и совершенствование физико-химических свойств полученных битумов полимерными модификаторами.

В качестве сырья вакуумной перегонки использовали мазут нефти окружного месторождения с температурой вспышки 107 °С, условной вязкостью 325 °УВ. В таблице 1 представлены материальные балансы вакуумной перегонки мазута при различной глубине отбора вакуумного газойля, а в таблице 2 – физико-химические свойства остатков.

Таблица 1. Материальные балансы вакуумной перегонки мазута

Остаток с температурой кипения более, °С	Количество сырья, % мас.	Выход дистиллята, % мас.	Выход остатка, % мас.	Потери, % мас.
450	100	36,3	59,5	4,2
500	100	57,9	38,9	3,2
550	100	70,4	25,3	4,3

Таблица 2. Физико-химические свойства остатков, полученных после вакуумной перегонки мазута

Наименование показателя	Остаток вакуумной перегонки с температурой начала кипения более, °С		
	450	500	550
Глубина проникания иглы при 0 °С ×0,1, мм	376	18	1
Растяжимость (дуктильность) при 25 °С, см	-*	79,3	Более 150
Растяжимость (дуктильность) при 0 °С, см	20,6	1	-*
Температура размягчения после старения, °С	33	43	51
Изменение температуры размягчения после старения, °С	2	3	2
Изменение массы образца после старения, Δm, %	5,94	0,3	4,2
Температура хрупкости, °С	-28,5	-14,0	10,5
Температура вспышки (в открытом тигле), °С	191	208	249
*- данные показатели невозможно определить			

С целью определения оптимального диапазона параметров вакуумной перегонки для получения остаточных битумов в соответствии с требованиями ГОСТ построены зависимости основных показателей качества остатков вакуумной перегонки мазута от глубины отбора вакуумного дистиллята (рисунки 1 и 2).

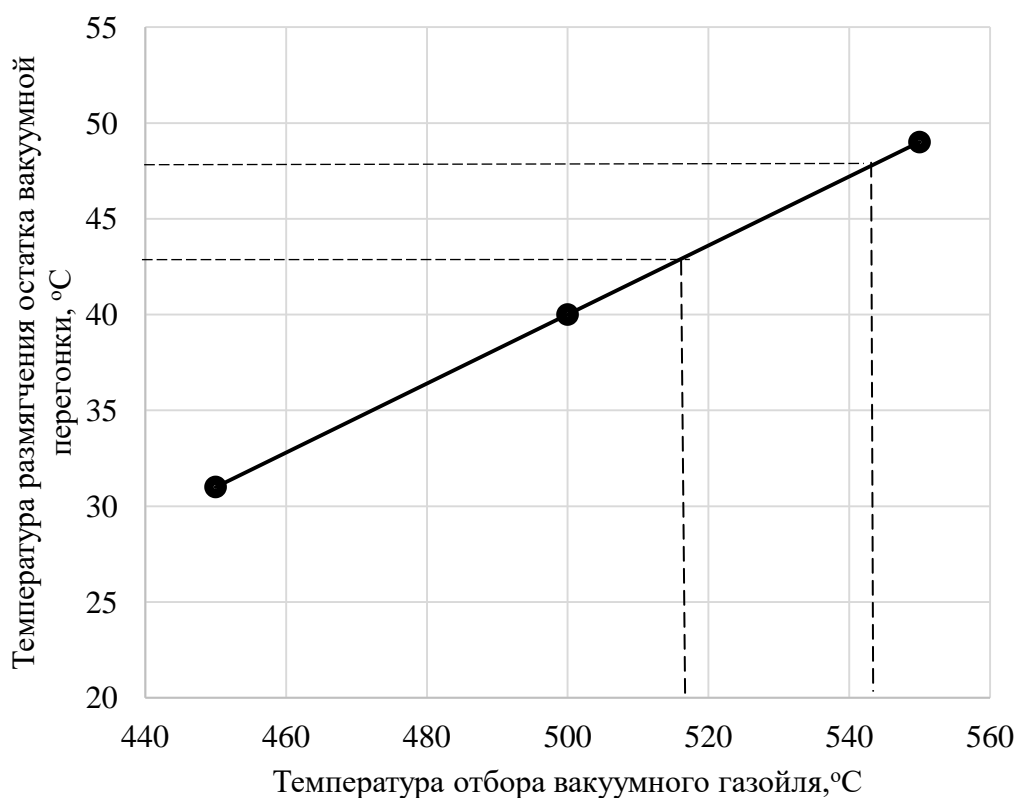


Рисунок 1. Зависимость температуры размягчения остатков вакуумной перегонки мазута от глубины отбора вакуумного газойля

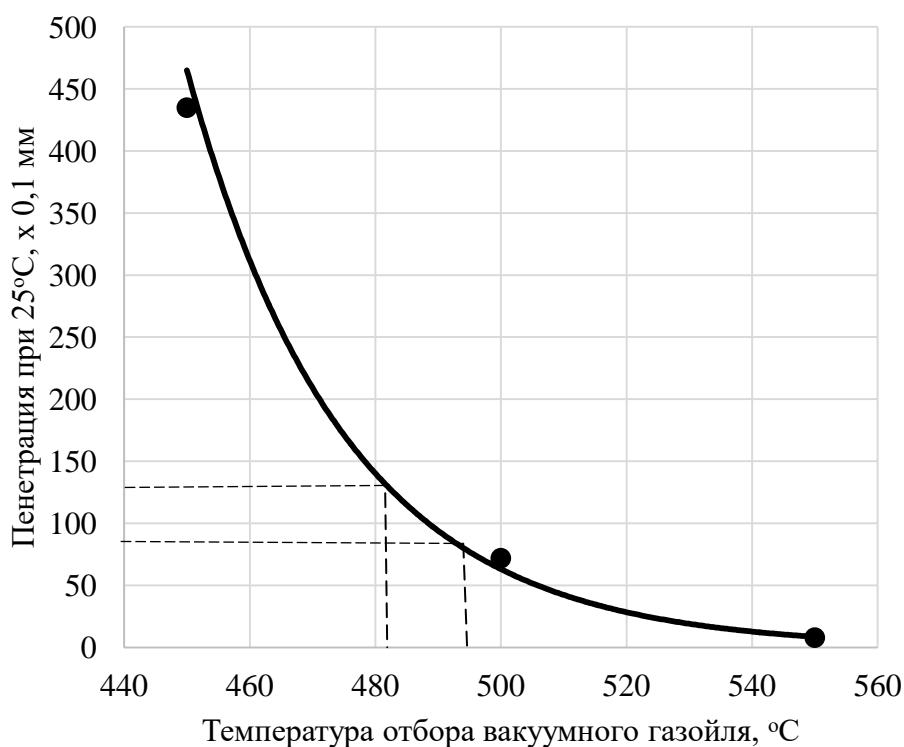


Рисунок 2. Зависимость глубины проникания иглы остатков вакуумной перегонки мазута от температуры отбора вакуумного газойля

Анализ рисунков 1 и 2 показывает, что при отборе вакуумного газойля с температурой кипения до 515-545 °С возможно получение остаточного битума с температурами размягчения 43-47 °С, а глубину проникания иглы при 25 °С в соответствии с требованиями ГОСТ, можно обеспечить остатку вакуумной перегонки с отбором вакуумного газойля до 480-490 °С. Остаток, полученный при отборе вакуумного газойля из мазута до температуры 500 °С, по таким показателям как пенетрация при 25 °С, растяжимость при 25 °С, потеря массы и изменение температуры размягчения после прогрева соответствует требованиям на битумы марок БНД 90/130 (ГОСТ 22245-90) и БНД 70/100 (ГОСТ 33133-14), значение температуры размягчения ниже, а значение температуры хрупкости выше требуемой.

При увеличении глубины отбора вакуумного газойля при проведении вакуумной перегонки мазута происходит значительный отбор парафинонафтеновых углеводородов и концентрирование смолисто-

асфальтеновых соединений в остатке, что подтверждают данные, представленные на рисунке 3.

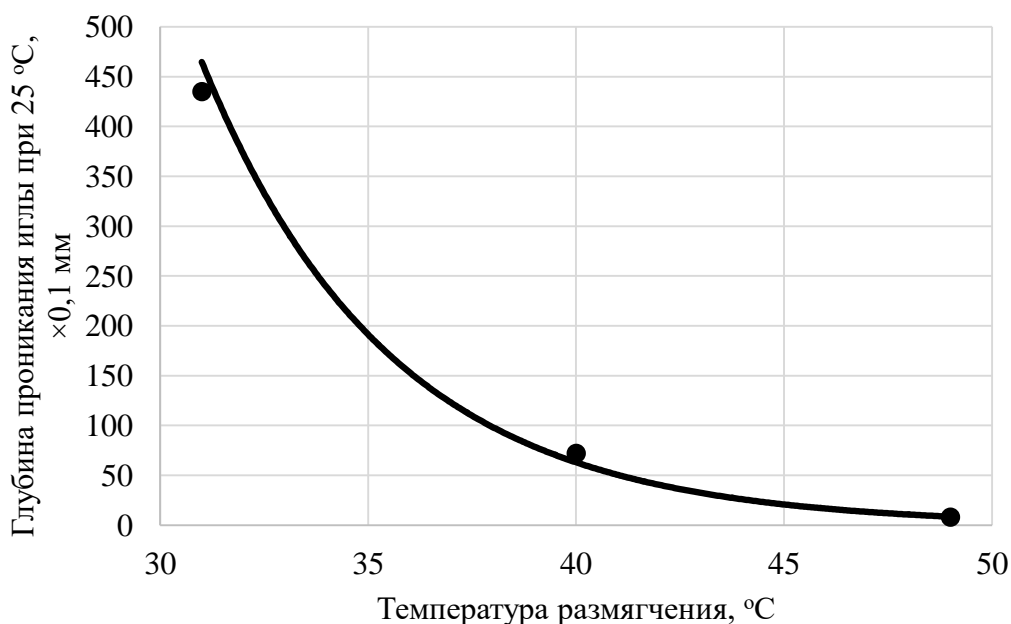


Рисунок 3. Зависимость глубины проникания иглы при 25 °С от температуры размягчения остатков вакуумной перегонки мазута

Таким образом, для обеспечения качественных показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14 на дорожный битум вакуумную перегонку мазута целесообразно проводить с отбором вакуумного газойля до 500 °С, полученный остаток модифицировать современными полимерными модификаторами, которые позволят увеличить значения температуры размягчения и пенетрации [3, 4].

Для исследования возможности получения модифицированных остаточных дорожных битумов из мазута сахалинских нефтей был использован остаток вакуумной перегонки мазута, с началом кипения 500 °С. В качестве полимерных модификаторов были выбраны стирол бутадиен-стирольные каучуки марок КТР-101 и Д-30-01 в количестве 2,0; 2,4 и 3,0 % мас. на остаточный битум.

Процесс модифицирования битума с полимерным модификатором достаточно длительный. Перемешивание вели при температуре 170 °С при



постоянном контроле однородности системы, которую определяли методом стеклянной палочки по ГОСТ Р 52056–2003.

Полученные модифицированные остаточные битумы были исследованы по комплексу физико-химических свойств, результаты которых представлены в таблице 3.

Анализ результатов, представленных в таблице 3, показал, что полученные модифицированные битумы имеют улучшенные свойства, которые характеризуются такими показателями качества как значения показателя растяжимости, температуры размягчения, потери массы и изменение температуры размягчения после старения. Установлено, что введение полимерных модификаторов способствует снижению значений пенетрации остаточного битума. С увеличением концентрации модификатора в остатке вакуумной перегонки мазута наблюдается увеличение значений этого показателя как при 25 °С, так и при 0 °С.

Таблица 3. Физико-химические свойства остатка вакуумной перегонки мазута, модифицированного KTR-101 и Д-30-01

Наименование показателя	БНД 90/130	0	Содержание KTR-101, % мас.			Содержание Д-30-01, % мас.		
			2,0	2,4	3,0	2,0	2,4	3,0
Температура размягчения, °С	43	39,0	42	44,5	45	47	44	45,5
Глубина проникания иглы при 25 °С × 0,1, мм	91/130	109	121	40	43	27	64	78
Глубина проникания иглы при 0 °С × 0,1, мм	28	26	23	12	11	15	9	13
Растяжимость (дуктильность) при 25 °С, см	65	58,5	150	150	150	150	150	150
Растяжимость (дуктильность) при 0 °С, см	4,0	-	37,2	-	-	-	150	85
Температура размягчения после старения, °С		42,0	43,5	46,0	45,5	47	44,5	45,5
Изменение температуры размягчения после старения, °С	5,0	3,0	1,5	1,5	0,5	0	0,5	0
Изменение массы образца после старения, % мас.	-	0,4	0,32	0,25	0,25	0,25	0,05	0,15
Температура хрупкости, °С	-17	-18	-35	-36	-39	-45	-45	-36
Температура вспышки (в открытом тигле), °С	230	207	240	243	248	249	239	240
Время перемешивания, ч	-	-	12	18	23	10	12	14
*- данные показатели не удалось определить								

Установлено, что для получения модифицированного битума, соответствующего требованиям ГОСТ 22245-90, необходимо вводить в остаток вакуумной перегонки мазута 2,2 % мас. полимерного модификатора KTR-101 и более 3,0 % мас. полимерного модификатора Д-30-01, что, видимо, позволит получить модифицированный битум в соответствии с требованиями ГОСТ на дорожную марку БНД 90/130.

Модификатор Д-30-01 значительно структурирует остаточный битум, создает жесткий полимерный каркас в объеме вяжущего им, мобилизуя масляные компоненты нефтяного остатка и армируя его, что не способствует увеличению пластичных свойств битума. Модификатор KTR-101 создает пространственную и подвижную полимерную структуру в битуме, тем самым позволяет увеличить интервал пластичности вяжущего.

Для получения битума, соответствующего требованиям ГОСТ 22245-90, модифицированием полимерными модификаторами с целью получения более пластичного вяжущего использовали пластификатор на основе нефтяных масел (индустриальное масло марки И-40), что рекомендовано в работе [5]. Для пластификации были выбраны модифицированные битумы с содержанием 3 % мас. KTR-101 и 2,0 и 3,0 % мас. Д-30-01. В таблице 4 представлены результаты исследований.

Таблица 4. Свойства остаточного битума, модифицированного полимерными модификаторами и пластификатором И-40

Содержание индустриального масла И-40, % мас.	Температура размягчения, °С	Глубина проникания иглы при 25 °С × 0,1, мм
БНД 90/130	43	90/130
2,0 % мас. Д-30-01		
1,0	44,0	50
3,5	44,0	40
3,0 % мас. Д-30-01		
1,0	44,0	60
2,2	43,0	80
3,0 % мас. KTR-101		
1,0	44,0	90
1,6	43,0	147

Анализ результатов, представленных в таблице 4, показывает, что с увеличением содержания пластификатора И-40 происходит снижение значений температуры размягчения и увеличение пенетрации при 25 °С модифицированных битумов. Использование пластификаторов И-40 и Д-30-01 в качестве модификатора битума не позволяет получить битум стандартной марки БНД 90/130, а при использовании КТР-101 в сочетании с И-40 модифицированный битум соответствует требованиям по значениям пенетрации при 25 °С и температуре размягчения на битум марки БНД 90/130.

По результатам исследований определена возможность получения модифицированного остаточного битума из сахалинской нефти при вакуумной перегонке мазута в соответствии с требованиями ГОСТ 22245-90. Рекомендуемые составы модифицированного остатка вакуумной перегонки мазута для производства битума дорожной марки БНД 90/130 по ГОСТ 22245-90: 2,2 % мас. полимерного модификатора КТР-101; 3,0 % мас. полимерного модификатора КТР-101 и 1,0-1,4 % мас. пластификатора - индустриального масла марки И-40.

## **Выводы**

Таким образом, за счет модифицирования остаточных битумов, не удовлетворяющих требованиям стандартов на нефтяные дорожные битумы, можно производить высококачественные дорожные вяжущие и отказаться от стадии окисления остатков вакуумной перегонки мазута.

## **Список используемых источников**

- 1 Гун Р. Б. Нефтяные битумы. М.: Химия, 1973. 432 с.
- 2 Евдокимова Н. Г. Разработка научно-технологических основ производства современных битумных материалов как нефтяных дисперсных систем: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2015. 417 с.

3 Гохман Л. М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон: учеб.-метод. пособие. М.: ЗАО «ЭКОНИНФОРМ», 2008. 117 с.

4 Гохман Л. М. Эффективность полимера. Преимущества применения индустриального масла для полимерасфальтобетонных покрытий // Автомобильные дороги. 2012. №1. С. 38-45.

## References

1 Gun R.B. Neftyanye bitумы. М.: Himiya, 1973. 432 s. [in Russian].

2 Evdokimova N. G. Razrabotka nauchno-tehnologicheskikh osnov proizvodstva sovremennykh bitumnykh materialov kak neftyanykh dispersnykh sistem: dis. ... d-ra tehn. nauk. М., 2015. 417 s. [in Russian].

3 Gohman L. M. Bitумы, polimerno-bitumnye vyazhushie, asfal'tobeton, polimerasfal'tobeton: ucheb.-metod. posobie. М.: ЗАО «EKOINFORM», 2008. 117 s. [in Russian].

4 Gohman L. M. Effektivnost' polimera. Preimushchestva primeneniya industrial'nogo masla dlya polimerasfal'tobetonnykh pokrytii // Avtomobil'nye dorogi. 2012. №1. S.38-45. [in Russian].

## Сведения об авторах

### About the authors

Евдокимова Н. Г., д-р техн. наук, профессор кафедры химико-технологических процессов ФГБОУ ВО «УГНТУ», филиал в г. Салават, Российская Федерация

N. G. Evdokimova, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Chemical-Technological processes Department FSBEI HE “USPTU”, Branch in the Salavat, Russian Federation

e-mail: ruskih1.r@yandex.ru

Байгузина Ю. А., студент ФГБОУ ВО «УГНТУ», филиал в г. Салават,  
Российская Федерация

Yu. A. Bajguzina, student of FSBEI HE “USPTU”, Branch in the Salavat,  
Russian Federation

e-mail: yuly-3@yandex.ru

Иванова А. В., студент ФГБОУ ВО «УГНТУ», филиал в г. Салават,  
Российская Федерация

A.V. Ivanova, student of FSBEI HE “USPTU”, Branch in the Salavat,  
Russian Federation

e-mail: i\_nastya\_v96@mail.ru