

УДК 621.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА НА
ПРИМЕРЕ ТАТУ-МАШИНКИ****Свиридов Василий Алексеевич**

студент второго курса кафедры технологии машиностроения
Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия
e-mail:vasya.sviridov01@mail.ru

Владимиров Антон Александрович

студент второго курса кафедры технологии машиностроения
Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия
e-mail:Antonsosed69@gmail.com

Чусовитин Николай Анатольевич

Доцент кафедры проектирования технологических машин
Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия
e-mail:tmm800@mail.ru

Аннотация

В настоящей статье рассматривается кривошипно-ползунный механизм, который находит обширное применение в промышленности, а также в представленной модели роторной тату-машинки. В условиях ограниченности материалов, инструментов и оборудования, была создана рабочая модель механизма, прошедшая неоднократные испытания. При проведении расчетов и построении графиков была использована методология из области теории механизмов и машин.

Ключевые слова: вступление, история татуировки, описание механизма, методы решения проблем, расчёты, результаты, вывод, литература.

**THE STUDY OF THE CRANK-SLIDER MECHANISM ON THE EXAMPLE OF
A TATTOO MACHINE****Vasily A. Sviridov**

2-nd year student of the Department of Mechanical Engineering Technology
Novosibirsk State Technical University
(Novosibirsk), Russian Federation

Anton A. Vladimirov

2-nd year student of the Department of Mechanical Engineering Technology
Novosibirsk State Technical University
(Novosibirsk), Russian Federation

Nikolai A. Chusovitin

Associate Professor of the Department of Design of Technological Machines
Novosibirsk State Technical University
(Novosibirsk), Russian Federation

ABSTRACT

This article discusses the crank-slider mechanism, which is widely used in industry, as well as in the presented model of a rotary tattoo machine. In conditions of limited materials, tools and equipment, a working model of the mechanism was created, which passed repeated tests. When carrying out calculations and plotting graphs, the knowledge of the course "Theory of Mechanisms and Machines" was applied.

Keywords: introduction, history of tattoo, mechanism description, problem solving methods, calculations, results, conclusion, literature.

Вступление

На протяжении тысячелетий люди во всем мире делали татуировки. Как система передачи знаний татуировка была и остается визуальным языком кожи, посредством которого культура запечатлевается, переживается и сохраняется множеством специфических способов.

Татуировка появилась задолго до правления египетских фараонов. Начало было положено еще при формировании первобытного строя. Тогда доисторические люди расписывали свои тела, подчеркивая свой статус, в надежде обрести магическую силу.

Археологические данные свидетельствуют о том, что самые ранние татуировки появились около 7000 лет назад. Это были косметические татуированные усы человека из Южной Америки [1, 2]. Другие древние татуированные и мумифицированные люди из Нубии (ок. 2000 г. до н.э.) и Сибирского Алтая (3-й век до н.э.) были украшены орнаментальными татуировками, которые, вероятно, усиливали их сексуальность и внешний вид [3].

Почему люди делают татуировки? Они желают выделиться, так как яркий качественный рисунок, выполненный профессионалом, всегда притягивает взгляды. Иногда такое украшение даже может стать неплохим началом для нового знакомства с противоположным полом.

Для других татуировка является маскировкой шрамов и изъянов кожи. Например, грамотно подобранным рисунком можно скрыть операционные рубцы и последствия различных травм, масштабные ожоги.

Некоторые люди видят в любом узоре скрытое тайное послание, позволяющее корректировать судьбу и менять жизнь к лучшему. Поэтому для них в тату заложен некий сакральный смысл.

Также есть сторонники тату, которые делают ее в память о событии или человеке. Память о человеке дает ощущение единения душ, подчеркивая важность. Такие тату позволяют не сломаться в сложных жизненных ситуациях. Это может оказаться конкретная дата, фраза, портрет, связанный с дорогим сердцу переживанием.

Ранее татуировки использовали для передачи конфиденциальной информации. К мастеру приглашали невольника с выбритой головой и наносили информацию на его кожу. Когда волосы отрасли, раба отправляли в нужное место [5].

Тату-машинки бывают двух видов: роторные (рис. 1) и индукционные (рис.2).



Рисунок 1. Роторная тату-машинка [9]



Рисунок 2. Индукционная тату-машинка [10]

Приведем некоторые достоинства тату-машинки: быстрый процесс контурирования снижает нагрузку на кожу, а также низкая стоимость производства, благодаря минимальному количеству компонентов.

Преимущества роторных тату-машинок (рис. 1): высокий КПД, универсальность, низкий уровень шума, минимальная травматичность кожи, эргономичность и легкость, низкая вибрация

Недостатки роторных тату машинок (рис. 2): меньшая эффективность в узких задачах, износ мотора, сложная и хрупкая конструкция, стоимость, дорогостоящий ремонт

Тату машинка наносит вред здоровью!

Для нанесения тату следует обращаться в профессиональные салоны, где созданы все условия для проведения процедуры, используются одноразовые инструменты, проводится строгий контроль. Это позволяет снизить риск последующих осложнений – таких, как гнойные поражения кожи и слизистой, сифилис, вирусный гепатит, стафилококк и ВИЧ-инфекция[8].

При нанесении тату могут появиться проблемы с законом, например в Японии, татуировки стали основным символом преступного мира, в котором до XVI века

татуировками клеймили преступников, а затем уже члены современной Якудзы запечатлевали на своем теле историю своей преступной жизни.

На сегодняшний день, если у человека есть цветные татуировки на видимых частях тела, то можно столкнуться с осуждающими взглядами и действиям со стороны японцев. Также могут не пустить в общественную баню, ресторан и даже в отель.

Кратко приведем историю возникновения тату-машинки. Так в 1891 году американец О'Рейли изобрел электрическую татуировочную машинку, вскоре сменившую всевозможные самодельные инструменты и приспособления для тату [4].

Но даже технический прогресс не сдвинул тату-культуру запада с мертвой точки. Всю первую половину XX века люди в Европе и Америке ходили со стандартным набором незамысловатых картинок. И только благодаря сильнейшему всплеску молодежной культуры 50 – 60-х годов появилось новое поколение татуировщиков, творческие амбиции и смелые эксперименты которых вновь возвели тату в ранг искусства.

Они широко заимствовали традиционные образы других культур – Дальнего Востока, Полинезии, американских индейцев, создавая захватывающие гибриды, новые стили, школы и направления. Так начался новый, современный этап тысячелетней истории татуировки.

Описание механизма.

Роторная машинка работает на основе ротора – подвижного компонента электродвигателя. Принцип действия тату машинки аналогичен работе поршневого насоса. Работу поршня в данном устройстве выполняет игла или отрезок гитарной струны, который обладает необходимой прочностью для пробивания человеческой кожи [6].

Вращаясь, мотор приводит в движение кривошип 1, шатун 2 и аксиально расположенный ползун 3 (рис. 3). Игла совершает возвратно-поступательное движение с одинаковой амплитудой по времени.

Физическая модель тату – машинки показана на рисунке 4.

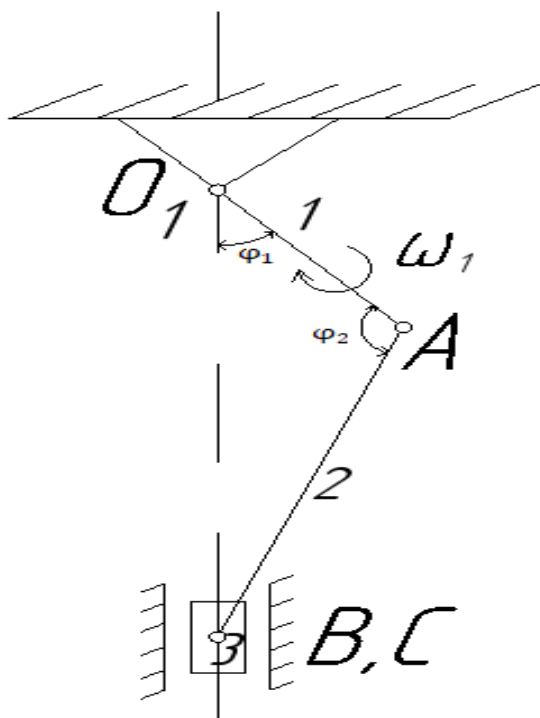


Рисунок 3. Структурная схема¹

1-кривошип (эксцентрик с проволокой); 2-шатун(штанга);
3-ползун (игла).

¹Разработано авторами

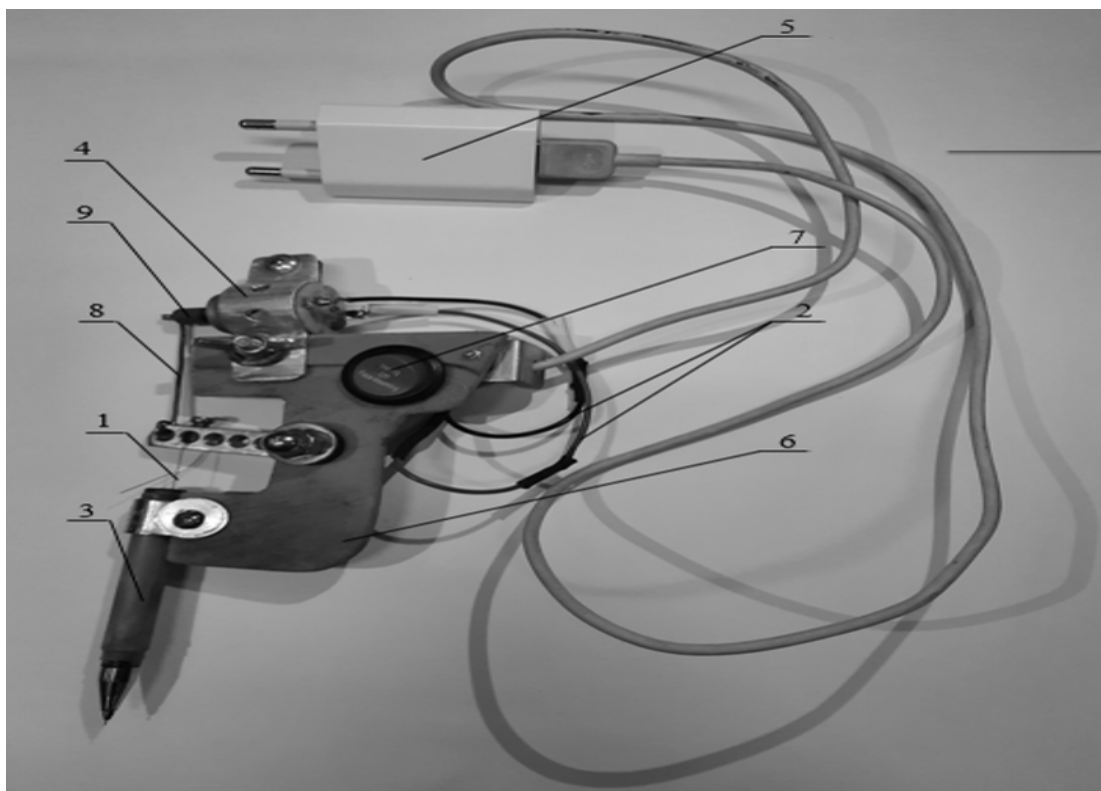


Рисунок 4. Физическая модель тату машинки²

1-проволка стальная струнная ГОСТ 15598-70, $d_1=0,5$ мм; 2 - провод медный Н07V-R, $d_2=1,5$ мм; 3 - жесть или держатель от шариковой ручки или механического карандаша; 4 - мотор R140 Micro DC, $U_1=3-6$ В, $n=13000$ об./мин; 5-зарядное устройство Samsung USB Type-C Power Delivery $U_2=5$ В, $I_1=3$ А или внешний аккумулятор Xiaomi Mi Power Bank 2 (10000 mAh), $U_3=5$ В, $I_2=1$ А; 6 - пластик PE-LLD-22260, $b=5$ мм; 7 - кулисный переключатель круглый, $d_3=20$ мм; 8 - проволка стальная, $d_3=1,5$ мм; 9 - эксцентрик из пластика PP5, $d_4=5$ мм.

Были приняты следующие обозначения для числовых характеристик деталей и устройств физической модели тату - машинки: d_1 -диаметр сечения струны; d_2 -диаметр сечения провода; d_3 -диаметр кнопки; d_4 - диаметр эксцентрик; U_1 -выходное напряжение мотора; U_2 -выходное напряжение зарядного устройства; U_3 -выходное напряжение внешнего аккумулятора; n - максимальная частота вращения мотора; b -толщина пластика корпуса; I_1 -сила тока зарядного устройства; I_2 - сила тока внешнего аккумулятора.

²Разработано авторами

Методы решения проблем

При создании тату-машинки одной из проблем являлось ограничение рабочего хода вылета иглы (рис. 4), так как рекомендованный вылет должен лежать в пределах 2-3 мм, чтобы игла правильно вносила в слой эпидермиса необходимое количество краски. Для этого пришлось рассчитать положение эксцентрика относительно оси вращения вала электродвигателя. Так как ход иглы составляет 3 мм, соответственно положение эксцентрика от оси вращения будет равняться 1,5 мм.

Также пришлось продумать прочное крепление всех узлов аппарата с помощью болтов, так как в процессе работы устройства присутствуют вибрации, способные разрушить ненадежные узлы тату-машинки. И последнее, с чем возникли трудности - это поиск мотора с необходимым числом оборотов, с помощью которого тату-машинка смогла бы делать необходимые 3-4 удара в секунду.

Расчёты

Для расчета скорости вылета иглы, воспользуемся методом Зиновьева, суть которого заключается в том, что положение каждого звена определяется связанным с ним вектором так, что последовательность этих векторов образует один или несколько замкнутых контуров. Условие замкнутости векторных контуров для плоского механизма позволяет определить искомые величины [7]. Суть этого расчётного метода показана на рисунке 5 и в серии сопутствующих расчётных формул к нему.

- 1) $\bar{l}_1 + \bar{l}_2 - \bar{l}_3 = 0$
- 2)
$$\begin{cases} \bar{l}_1 \cos \varphi_1 + \bar{l}_2 \cos \varphi_2 - \bar{l}_3 = 0 \\ \bar{l}_1 \sin \varphi_1 + \bar{l}_2 \sin \varphi_2 = 0 \end{cases}$$
- 3)
$$\begin{cases} \bar{l}_3 = \bar{l}_1 \cos \varphi_1 + \bar{l}_2 \cos \varphi_2 \\ \varphi_2 = \arcsin \left(\frac{\bar{l}_1 \sin \varphi_1}{\bar{l}_2} \right) \end{cases}$$
- 4)
$$\begin{cases} -\bar{l}_1 \varphi_1' \sin \varphi_1 - \bar{l}_2 \varphi_2' \sin \varphi_2 - \bar{l}_3 = 0 \\ \bar{l}_1 \varphi_1' \cos \varphi_1 + \bar{l}_2 \varphi_2' \cos \varphi_2 = 0 \end{cases}$$
- 5) $\varphi_2' = \frac{-\bar{l}_1 \varphi_1' \cos \varphi_1}{\bar{l}_2 \cos \varphi_2}$
- 6) $v_3 = l_3' = -\bar{l}_1 \varphi_1' \sin \varphi_1 - \bar{l}_2 \varphi_2' \sin \varphi_2$

φ_1 – угол между кривошипом и ползуном

φ_2 – угол между кривошипом и шатуном

φ_1' – производная от угла φ_1

φ_2' – производная от угла φ_2

ω_1 – угловая скорость кривошипа

\bar{l}_1 – длина кривошипа

\bar{l}_2 – длина шатуна

$v_3 = l_3'$ – скорость вылета иглы тату-машинки

$$\varphi_1' = \omega_1 = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 * (\frac{13000}{60})}{30} = 22,6 \text{ рад/с}; \bar{l}_1 = 1,5 \text{ мм}; \bar{l}_2 = 48 \text{ мм}.$$

Так как ω_1 направлено по часовой стрелке, то по правилу знаков, полученные значения производных углов в ряде случаев представлены со знаком минус.

Результаты

Расчёты по выше приведённым формулам приведены в таблице 1 и на рисунке 6.

Таблица 1. Расчетные значения

$\varphi_1, ^\circ$	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$\varphi_2, ^\circ$	0,9	1,55	1,79	1,55	0,9	0	-0,9	-1,55	-1,79	-1,55	-0,9	0
$\varphi_2', ^\circ$	0,61	0,35	0	-0,35	-0,61	-0,7	-0,61	-0,35	0	0,35	0,61	0,7
$v_3, \text{ мм/с}$	16,49	28,9	33,9	28,9	16,49	0	-16,49	-28,9	-33,9	-28,9	-16,49	0

³ Разработано авторами

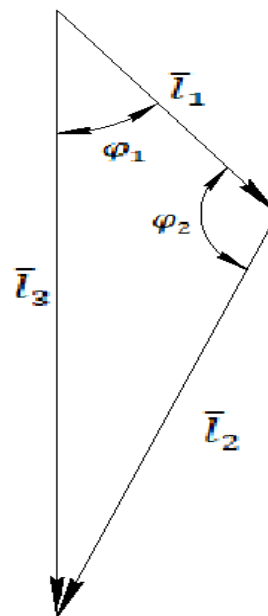


Рисунок 5. Замкнутый векторный контур кривошипно-ползунного механизма³

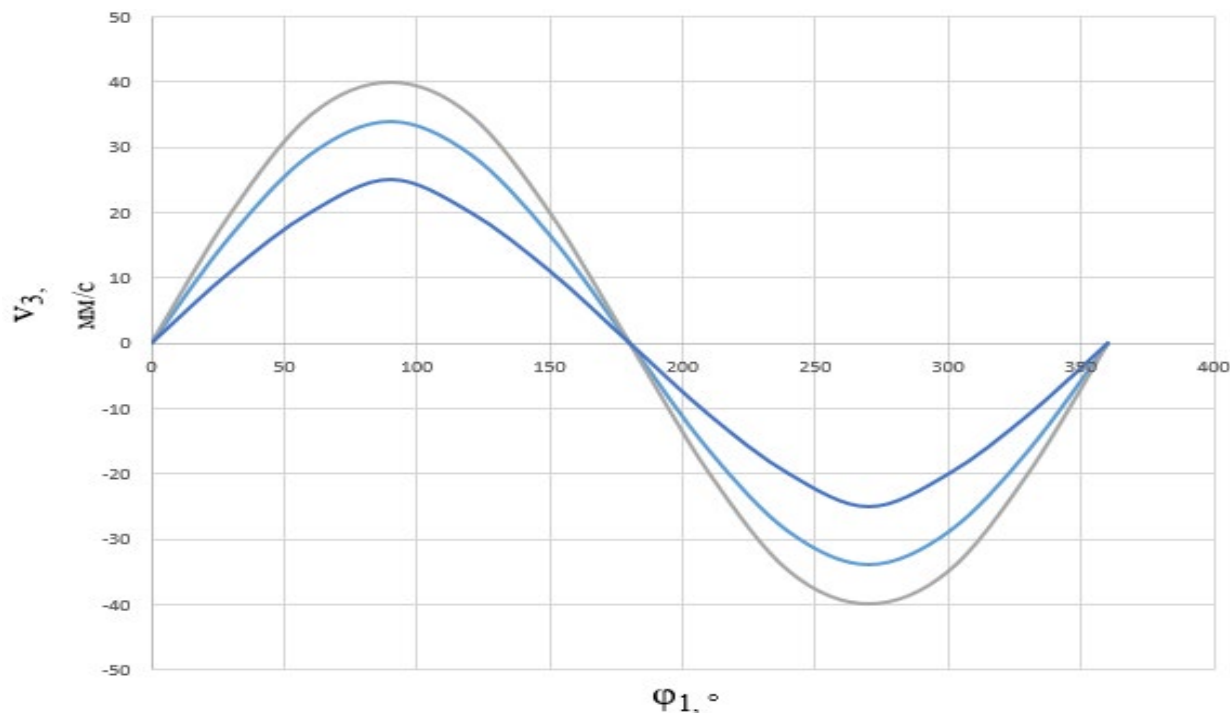


Рисунок 6. График зависимости скорости вылета иглы от угла кривошипа⁴

При расчетах были получены 3 синусоидальных графика. Верхний график получен путем увеличения значений \bar{l}_1 и \bar{l}_2 . А нижний график путем уменьшения этих значений.

При перемещении кривошипа на 180° , движение иглы сонаправлено по оси Y, поэтому на графике наблюдаются положительные значения скоростей. Затем при повороте кривошипа от 180° до 360° , направление иглы меняется в противоположную сторону, что приводит к отрицательным значениям скорости вылета.

Разработано авторами⁴

Вывод: В процессе изучения рабочей модели тату - машинки на основе методологии ТММ изучена работа кривошипно-ползунного механизма. С помощью метода Зиновьева, получен синусоидальный график (рис. 6) зависимости скорости v_3 от угла ϕ_1 . Исходя из этого метода мы установили, что в положении кривошипа под углом $\phi_1=90^\circ$ будет максимальная скорость вылета иглы тату - машинки на кожу человека.

Список литературы:

1. Эллисон Дж. М.: Ранние мумии из прибрежных районов Перу и Чили; в Spindler K, Wilfring H, Rastbichler-Zissernig E, Zur Nedden D, Nothdurfter H (eds): Human Mummies. Глобальный обзор их статуса и методов сохранения 3. Вена, Springer, 1996, стр. 125–130. (Дата обращения 20.06.2022)
2. Крутак Л. Искусство татуировки женщин племен. Лондон, Беннетт и Блум, 2007 г. (Дата обращения 20.06.2022)
3. Рено Л.: Татуировка в древности; в Anne & Julien, Galliot S, Bagot P (eds): Tattoo. Париж, Musée du Quai Branly and Actes Sud, 2014, стр. 22–26. (Дата обращения 20.06.2022)
4. Серуп Дж., Клюгер Н., Боймлер В. (ред.): Татуированная кожа и здоровье. Курр Пробл Дерматол. Базель, Каргер, 2015, том 48, стр. 21–30 (DOI: 10.1159/000369177) (Дата обращения 20.06.2022)

5. Серуп Дж., Клюгер Н., Боймлер В. (ред.): Татуированная кожа и здоровье. Курр Пробл Дерматол. Базель, Каргер, 2015, т. 48, стр. 37–40 (DOI: 10.1159/000369180)
6. Принцип работы роторной тату машинки. [Электронный ресурс], 2022. Режим доступа: <https://tatoomall.ru/blog/rotaries> (Дата обращения 29.03.2022)
7. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 640 с.
8. Влияние татуировок на организм..., [Электронный ресурс], 2022. Режим доступа: <https://statusmen.ru/lifestyle/the-impact-of-tattoos-on-the-body> (Дата обращения 29.03.2022)
9. Магазин оборудования для Тату Салонов, [Электронный ресурс], 2022. Режим доступа: https://tatusklad.ru/katalog/rotornaya_tatu_mashinka (Дата обращения 13.06.2022)
10. Для тату и татуажа машинки, краски, иглы, тату наборы, [Электронный ресурс], 2022. Режим доступа: <https://tattoosklad.ru/image/cache/catalog/induction> (Дата обращения 13. 06. 2022)

References:

1. Allison JM: Early mummies from infected Peru and Chile; in Spindler K, Wilfring H, Rastbichler-Zissernig E, Zur Nedden D, Nothdurfter H (eds): Human Mummies. Global overview of their status and record list 3. Vienna, Springer, 1996, pp. 125–130. (Accessed 20.06.2022)
2. Krutak L. Tattoo art of women of the peoples. London, Bennett & Bloom, 2007 (Accessed 20/06/2022)
3. Renault L.: Tattoo in antiquity; in Anne & Julien, Galliot S, Bagot P (eds): Tattoo. Paris, Musée du Quai Branly and Actes Sud, 2014, pp. 22–26. (Accessed 20.06.2022)
4. Serup J., Kluger N., Boimler W. (eds.): Tattooed skin and health. Curr Proble Dermatol. Basel, Karger, 2015, Volume 48, pp. 21–30 (DOI: 10.1159/000369177) (Accessed 20.06.2022)
5. Serup J., Kluger N., Boimler W. (eds.): Tattooed skin and health. Curr Proble Dermatol. Basel, Karger, 2015, vol. 2, p. 48, pp. 37–40 (DOI: 10.1159/000369180)
6. Working principle of rotary tattoo machine. [Electronic resource], 2022. Access mode: <https://tatoomall.ru/blog/rotaries> (Accessed 03/29/2022)
7. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines / I.I. Artobolevsky. – М.: Ch. ed. Phys.-Math. lit., 1988. - 640 p.
8. The impact of tattoos on the body..., [Electronic resource], 2022. Access mode: <https://statusmen.ru/lifestyle/the-impact-of-tattoos-on-the-body> (Accessed 29.03.2022)
9. Equipment store for Tattoo Salons, [Electronic resource], 2022. Access mode: https://tatusklad.ru/katalog/rotornaya_tatu_mashinka (Accessed 13.06.2022)
10. For tattoo and permanent makeup machines, paints, needles, tattoo kits, [Electronic resource], 2022. Access mode: <https://tattoosklad.ru/image/cache/catalog/induction> (Accessed 06/13/2022)