

УДК: 621.635

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЛИНЫ ЛОПАТКИ КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

В.А.Архипов - доктор ф.-м.н., профессор, Томский государственный университет, РФ

Д.Джураев - к.т.н., исследователь, И.Ж. Тоиров - к.т.н., доцент, Каршинский инженерно-экономический институт

А.Э. Уришев - ассистент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация

Результаты теоретических исследований научных работ по определению длины лопатки колеса центробежного вентилятора. Разработана технологическая схема установки лопатки на диске колеса вентилятора. Анализ исследований показал, что длина лопатки колеса имеет существенную зависимость от параметров колеса (R , R_1), угла установки α_0 и радиуса дуги R_3 лопатки. Выведена аналитическая зависимость для определения длины лопатки колеса центробежного вентилятора в зависимости от параметров колеса (R , R_1), угла установки α_0 и радиуса дуги R_3 лопатки. При следующих значениях параметров вентиляторного колеса $R = 630 \text{ mm}$, $R_1 = 340 \text{ mm}$, угле установки $\alpha_0 = 100$ и радиуса дуги $R_3 = 200 \text{ mm}$ длина лопатки равна $L = 154,29 \text{ mm}$ по программе AutoCAD разработаны размеры лопатки и теоретические значения сопоставлены с данными программы, разница, не превышала 0,1 %.

Ключевые слова: вентилятор, лопатка, колесо, радиус, параметр, уравнение, угол, длина, кожух, рабочий орган.

МАРКАЗДАН ҚОЧМА ВЕНТИЛЯТОР ҒИЛДИРАГИНИНГ КУРАГИ УЗУНЛИГИНИ АНИҚЛАШ НАЗАРИЙ ТАДҚИҚОТИ

В.А.Архипов, ф.-м.ф.д., профессор, Томск давлат университети, РФ., Д.Джураев - т.ф.н., тадқиқотчи

И.Ж.Тоиров - т.ф.н., доцент, Қарши муҳандислик - иқтисодиёт институти,

А.Э.Уришев - ассистент, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалиғини механизациялаш муҳандислари институти

Аннотация

Марказдан қочма вентилятор ғилдираги кураги узунлиғини аниқлаш бўйича олимлар томонидан олиб борилган назарий тадқиқотларнинг натижалари келтирилган. Вентилятор ғилдираги дискага куракларни ўрнатишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган. Ўтказилган тадқиқотлар таҳлили асосида ғилдирак курагининг узунлиғи ғилдирак параметрларига (R , R_1), ўрнатилиш бурчаги α_0 га ва эгрилик радиусига R_3 боғлиқлиғи аниқланган. Шунингдек, марказдан қочма вентилятор ғилдирагининг кураги узунлиғини ғилдиракнинг параметрларига (R , R_1), ўрнатилиш бурчаги α_0 га ва эгрилик радиусига R_3 боғлиқлиғини асословчи аналитик боғлиқлик тенгламаси келтириб чиқарилган. Вентилятор ғилдирагининг қуйидаги параметрларида $R=630 \text{ mm}$, $R_1=340 \text{ mm}$, ўрнатилиш бурчаги $\alpha_0 = 100$ ва эгрилик радиуси $R_3 = 200 \text{ mm}$ бўлганда куракнинг узунлиғи $L = 154,29 \text{ mm}$ тенг бўлди. Куракнинг узунлиғи юқорида келтирилган ўлчамлар асосида AutoCAD дастурида ишлаб чиқилган ва олинган маълумотлар назарий қиймат билан солиштирилганда, уларнинг фарқи 0,1 фоиздан ошмаган.

Таянч сўзлар: вентилятор, курак, ғилдирак, радиус, ўлчамлар, тенглама, бурчак, узунлик, кожух, ишчи қисм.

THEORETICAL RESEARCH ON DETERMINING THE LENGTH OF THE SHOVELS OF A WHEEL OF CENTRIFUGAL FANS

V.A. Arkhipov - d.p.m.s., professor, Tomsk State University, RF., D. Dzhuraev - c.t.s., researcher

I.Zh.Toirov - c.t.s., associate professor, Karshi Institute of Engineering and Economics

A.E. Urishev - assistant, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

Abstract

Presents the results of theoretical research by scientists, carried out scientific work to determine the length of the shovel of a centrifugal fan wheel. A technological scheme for installing a shovel on a fan wheel disk has been developed Analyzes of these works are carried out, which show that the length of the wheel shovel has a significant dependence on the parameters of the wheel (R , R_1), the angle of installation α and the radius of the arc R_3 of the shovel. An analytical dependence is derived for determining the length of the shovel of a centrifugal fan wheel depending on the parameters of the wheel (R , R_1), the angle of installation α and the radius of the arc R_3 of the shovel. With the following values of the parameters of the fan wheel $R=630 \text{ mm}$, $R_1=340 \text{ mm}$, angle of installation $\alpha_0=100$ and radius of the arc $R_3=200 \text{ mm}$, the length of the shovel is equal to $L=154.29 \text{ mm}$. On the basis of the above mentioned dimensions, in the electronic version, the blades have been developed and the theoretical values and the difference that does not exceed 0.1% are compared.

Key words: fan, shovel, wheel, radius, parameter, equation, angle, length, casing, working body.

Ведение и анализ современного состояния проблемы с необходимыми ссылками. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве используется большое количество вентиляторов, различающиеся конструкцией, техническими характеристиками и параметрами. По конструкции они бывают:

- центробежные (радиальные); - осевые (аксиальные);
- тангенциальные (диаметральные).

Основными критериями при проектировании всех видов вентиляторов являются высокая производительность,

напор, КПД и низкая энергоёмкость. Среди выше указанных конструкций вентиляторов особо выделяются центробежные вентиляторы, которые применяются в различных конструкциях опрыскивателей для химической обработки сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней.

Центробежные вентиляторы всасывают из пространства воздушный поток, направляют его из одного или нескольких выходных окон на растения. Центробежный вентилятор был установлен на опрыскиватель РЖГ-10, который создавая воздушный поток, распыляет химический препа-

рат в туманном виде для обработки сельскохозяйственных растений [1, 2, 3].

Основными преимуществами центробежных вентиляторов являются: управляемость воздушного потока, компактность, низкая шумность и низкая энергозатратность. Центробежный вентилятор состоит из кожуха и рабочего колеса. На рабочее колесо установлены лопатки, которые имеют одинаковые размеры и шаги, вращающиеся по окружности. Основными параметрами центробежных вентиляторов являются: диаметр вентиляторного колеса, длина и ширина лопатки, шаг установок лопаток и другие.

Основная теория работы центробежных вентиляторов разработана академиком Леонардом Эйлером (1700—1783). Уравнение Эйлера (1754 г.) послужило в дальнейшем для проведения исследований центробежных вентиляторов, как в теоретическом, так и в экспериментальном [Невельсон М.И., Шерстюк А.Н., Элк Б., Турбин Б.Г., Калинушкин. М.П.] [4, 5, 6, 7, 8].

Изучением основных параметров центробежных вентиляторов занимались многие видные ученые Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ), Научно-исследовательского института горной механики им. М.М.Федорова, НПО Центрального котлотурбинного института (ЦКТИ) и высших учебных заведений. Создателем и основоположником Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) является профессор Н. Е. Жуковский. Видные ученые Н.Е.Жуковский, К.А.Ушаков, А.П. Герман, Г. М., Еланчик, В. И. Поликовский, М.М. Федоров, И.И.Куколевский, М.Н.Невельсон, А.Г.Бычков, Е.Я.Юдин, И.М.Готгельф, И.С.Ивянский, А.М.Комаров, И.И.Ползунов, В.М. Черкасский., М.П. Калинушкин., Г.А.Бабак, В.С.Пак, В. В. Пак, О. П. Иванов, Б. Г.Турбин, Б.Элк (Германия), О.Бак (Германия) и другие, провели большие научно-исследовательские работы теоретического и экспериментального направления по определению основных параметров центробежных вентиляторов, уточнению методики их расчетов, улучшающие их эксплуатационные характеристики и аэродинамические схемы. На колеса центробежных вентиляторов устанавливаются лопатки прямолинейной или криволинейной форм и различаются выходными кромками, которые могут радиальными и загнутыми вперед и назад.

На основе теоретических и экспериментальных исследований М.П.Калинушкиным сделаны следующие заключения: на вентиляторное колесо установленная лопатка с кромками загнутыми назад приводит к увеличению КПД, и уменьшению шума при работе центробежных вентиляторов. В исследованиях на колесо центробежного вентилятора опрыскивателя РЈГ'-10, предназначенного для химической обработки виноградников и плодовых садов были установлены лопатки загнутые назад и имеющие криволинейную форму радиусом R . Одним из основных параметров лопатки колеса центробежного вентилятора является его длина L . И. М. Готгельфом, М.П. Калинушкиным и рядом авторов приведены зависимости для определения длины радиально установленной лопатки [М.П.Калинушкин], [9, 10, 11, 12, 13, 14]:

$$L = (D - D_1) / 2, m \quad (1)$$

где: D - наружный диаметр колеса вентилятора, m ; D_1 - внутренний диаметр колеса вентилятора, m ;

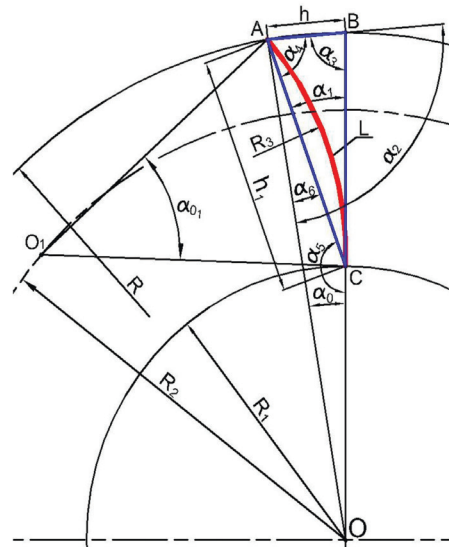
Если, лопатки установлены под углом относительно радиуса колеса и имеют криволинейный профиль, теоретическое определение его длины одна из основных проблем сегодняшнего времени.

Постановка задачи. В настоящее время в развитых странах мира разрабатываются различные конструкции опрыскивателей, на которых устанавливаются центробежные вентиляторы. При разработке конструкции рабочего

колеса существенное значение имеет длина лопатки. Теоретические исследования по определению длины лопатки колеса в зависимости от параметров колеса, угла установки и радиуса криволинейного профиля центробежного вентилятора является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Методы решения. Для решения поставленных задач разработана технологическая схема установки лопатки на диск колеса центробежного вентилятора, используя результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований И. М. Готгельфом, М. П. Калинушкиным, Д.Джураевым и другими. Научно-исследовательские работы проводились на основе О'zDSt 3202:2016 Испытания сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели и опылители. Методы испытаний [15], ГОСТ 24055-88 – Методы эксплуатационно - технологической оценки [16], ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний [17], Протокол испытаний № 03-32-03 (4140162). Опрыскиватель ОП-2000М [18].

Анализ результатов и примеры. Для проведения теоретических исследований по определению длины лопатки в зависимости от угла установки и радиуса криволинейного профиля разработана схема колеса центробежного вентилятора, которая показана на рис. 1.



R -наружный диаметр колеса вентилятора; R_1 - внутренний диаметр колеса; R_2 -радиус вращения центра дуги лопатки O_1 ; R_3 -радиус дуги лопатки; $L=AC$ -длина дуги лопатки; $h=AB$ -длина отрезка; $h_1=AC$ -длина отрезка лопатки; O -центр вращения колеса вентилятора; BC -радиальная длина лопатки;

Рис.1. Технологическая схема для определения длины лопатки

Из треугольника ABO , в котором сторона $AB = h$ является хордой окружности радиусом R определяется соотношение [19, 20]:

$$AB = h = 2R \sin \frac{\alpha_0}{2} \quad (2)$$

Поскольку линия AB является дугой окружности радиусом R , то углы α_2 и α_3 равны:

$$\alpha_2 = \alpha_3 = \frac{180^\circ - \alpha_0}{2} \quad (3)$$

Из треугольника ABC сторона BC равна:

$$BC = R - R_1 \quad (4)$$

Из теоремы синусов для треугольника ABC следует:

$$\frac{AB}{\sin \alpha_1} = \frac{BC}{\sin \alpha_4} \quad (5)$$

С учетом (2),(4) уравнение (5) можно представить в виде:

$$\frac{h}{\sin \alpha_1} = \frac{R - R_1}{\sin \alpha_4} \quad (6)$$

Из рис. 1 следует: $\alpha_4 = \alpha_2 - \alpha_6$ (7)

Для нахождения угла α_6 рассмотрен треугольник АСО.

Из условия: $\alpha_0 + \alpha_5 + \alpha_6 = 180^\circ$ следует:

$$\alpha_6 = 180^\circ - (\alpha_0 + \alpha_5) \quad (8)$$

Из рис.1 следует: $\alpha_5 = 180^\circ - \alpha_1$ (9)

Подставляя (9) в (8), получено:
 $\alpha_6 = \alpha_1 - \alpha_0$ (10)

Далее, подставляя (3) и (10) в (7), получено:
 $\alpha_4 = 90^\circ + \frac{\alpha_0}{2} - \alpha_1$ (11)

Подставляя значение угла из (11) в уравнение (6), получено:
$$\frac{h}{\sin \alpha_1} = \frac{R - R_1}{\sin \left(90^\circ + \frac{\alpha_0}{2} - \alpha_1 \right)} \quad (12)$$

Откуда имеем:
$$h = \frac{(R - R_1) \sin \alpha_1}{\sin \left(90^\circ + \frac{\alpha_0}{2} - \alpha_1 \right)} \quad (13)$$

Приравнивая правые части уравнений (2 и 13), получено следующее тригонометрическое уравнение:

$$\sin \frac{\alpha_0}{2} = 0,5 \left(1 - \frac{R_1}{R} \right) \frac{\sin \alpha_1}{\sin \left(90^\circ + \frac{\alpha_0}{2} - \alpha_1 \right)} \quad (14)$$

Подставляя в (14) заданные значения R, R_1, α_0 , можно определить значение угла α_1 . Рассмотрен треугольник АВС, в котором известны значения углов α_1, α_3 , а α_4 находим из формулы:
 $\alpha_4 = 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_3)$ (15)

Из теоремы синусов для треугольника АВС следует:

$$\frac{BC}{\sin \alpha_4} = \frac{AC}{\sin \alpha_3} \quad (16)$$

Из (16) имеем:

$$AC = BC \frac{\sin \alpha_3}{\sin \alpha_4} = (R - R_1) \frac{\sin \alpha_3}{\sin \alpha_4} \quad (17)$$

Отрезок $AC = h_1$ является хордой для дуги АС с радиусом кривизны R_3 и центром кривизны O_1 (рис. 1). Длина хорды h_1 определяется по формуле:

$$h_1 = 2R_3 \sin \frac{\alpha_{01}}{2} \quad (18)$$

Из (18) определяется угол α_{01} :

$$\alpha_{01} = 2 \arcsin \frac{h_1}{2R_3} \quad (19)$$

Искомая длина дуги АС (длина лопатки) определяется по формуле:

$$AC = L = \frac{2\pi R_3 \alpha_{01}}{360^\circ} \quad (20)$$

Пример расчета длины лопатки колеса центробежного вентилятора при следующих заданных параметрах:

$$R = 315 \text{ mm}; R_1 = 170 \text{ mm}; R_3 = 200 \text{ mm}; \alpha_0 = 10^\circ.$$

Значение угла α_1 , из уравнения (14) равно: $\alpha_1 = 21,31^\circ$.

Значения углов $\alpha_2 = \alpha_3$ по формуле (3) равны: $\alpha_2 = \alpha_3 = 85^\circ$

Значение угла α_4 по формуле (15) равно: $\alpha_4 = 73,69^\circ$

Длина хорды h_1 по формуле (18) равна: $h_1 = AC = 150,506 \text{ mm}$

Значение угла α_{01} , по уравнению (19) равно: $\alpha_{01} = 44,2^\circ$

Длина лопатки колеса $AC = L$ вентилятора по уравнению (20) равна: $AC = L = 154,287 \text{ mm}$ или $L = 154,29 \text{ mm}$

Выводы. Длина дуги лопатки колеса центробежного вентилятора имеет существенную зависимость от параметров колеса (R, R_1), угла установки α_0 и радиуса дуги R_3 лопатки. Выведена аналитическая зависимость для определения длины лопатки в зависимости от параметров колеса (R, R_1), угла установки α_0 и радиуса дуги R_3 лопатки и сделан пример расчета при заданных параметрах.

№	Литература	References
1	ЎЗР. UZ FAP 00857 рақамли фойдали модел патенти. Қишлоқ хўжалиги ўсимликларига кимёвий ишлов бериш пуркагичи / Джурраев Д., Эргашев А.Ч. – Тошкент, 2013, – №12. – Бюл. 15. – 7 б.	FAP 00857 raqamli foydali madel patenti "Kishlok khuzhaligi usimliklariga kimyoviy ishlov berish purkagichi" [Chemical Process Treatment for Agricultural Plants] (D.Dzhurraev, A.CH.Ergashevlar). Toshkent. 2013. № 12. Byul. 15. 7 p. (in Uzbek)
2	Паланин А.В. Оптимизация параметров и режимов работы ультрамалообъемного вентиляторного опрыскивателя. Авторефер... дис. канд. техн. наук. – Краснодар, 2005. – 22 с.	Palanin A.V. Optimizatsiya parametrov i rezhimov raboty ul'tramaloob'yemnogo ventilyatornogo opryskivatelya [Optimization of parameters and operating modes of the ultra-low-volume fan sprayer] Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Krasnodar. 2005. 22 p. (in Russian)
3	Полежаев А. А. Автоматизированный дозатор жидкостей мобильных штанговых опрыскивателей. Авторефер... дис. канд. техн. наук. – Москва, 2001. – 18 с.	Polezhayev A. A. Avtomatizirovanny dozator zhidkostey mobil'nykh shtangovykh opryskivateley [Automated dispenser of liquids of mobile boom sprayers]: Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Moscow. 2001. 18 p. (in Russian)
4	Мильченко Н. Ю. Обоснование параметров процесса смачивания сельскохозяйственных растений жидкими растворами и их распыления при механизированном внесении средств химизации. Авторефер... дис. канд. техн. наук. – Волгоград, 2003. – 23 с.	Mil'chenko N. YU. Obosnovaniye parametrov protsessy smachivaniya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy zhidkimi rastvorami i ikh raspyleniya pri mekhanizirovannom vnesenii sredstv khimizatsii: [Substantiation of the parameters of the process of wetting agricultural plants with liquid solutions and their spraying with the mechanized introduction of chemicals] Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Volgograd. 2003. 23 p. (in Russian)
5	Абубикеров В. А. Совершенствование технологии и технических средств для внесения пестицидов. Авторефер... дис. канд. техн. наук. – Москва, 2005, – 27 с.	Abubikerov V. A. Sovershenstvovaniye tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya vneseniya pestitsidov [Improvement of technology and technical means for the introduction of pesticides] Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Moscow. 2005. 27 p. (in Russian)
6	Данилов М. В. Параметры машины для опрыскивания пропашных культур. Авторефер... дис. канд. техн. наук. – Ставрополь, 2005. – 22 с.	Danilov M. V. Parametry mashiny dlya opryskivaniya propashnykh kultur [Parameters of the machine for spraying row crops] Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Stavropol. 2005. 22 p. (in Russian)

7	Вялых В.А. Совершенствование и разработка технологий и технических средств защиты растений: Авторефер... дис. д-ра техн. наук. – Зерноград, 2006. – 40 с.	Valyikh V.A. <i>Sovershenstvovaniye i razrabotka tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv zashchity rasteniy</i> [Improvement and development of technologies and technical means of plant protection:] Abstract of the dissertation of Doctor of Technical Sciences. Zernograd. 2006. 40 p. (in Russian)
8	Джураев Д., Халилов М. С., Тоиров И.Ж., Уришев А. Э. Пуркагичларга ўрнатиладиган марказдан қочма вентиляторнинг иш қисмининг параметрларини аниқлаш услубияти// IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA журнали. – Тошкент, 2020. – №1(19). – Б.53-58	Dzhuraev D., Khalilov M. S., Toirov I.J., Urishev A. E. "Purkagichlarga urnatiladigan markazdan kochma ventilyatorning ish kismining parametrlarini aniklash uslubiyati" [Methodology for determining the parameters of the working part of the centrifugal fan mounted on the sprayer], Journal IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Tashkent. 2020 №1 (19). Pp 53-58 (in Uzbek)
9	Д.Джураев, Тоиров И., Л. Муродов, М. Халилов. Бог ва узумзорларга кимёвий ишлов берадиган PJG`-10 универсал осма пуркагичнинг яратилишига доир. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAP журнали. Қарши. 2018. – №2. – Б.28-35.	D.Dzhuraev, I.Toirov, L. Murodov, M. Khalilov "Bog va uzumzorlarga kimoyviy ichlov beradigan PJG`-10 universal osma purkagichning yaratilishiga doir" [On the creation of PJG-10 Universal Stacker for chemical treatment of gardens and vineyards] Journal.INNOVATION TEXCHOLOGIES. Karshi. 2018. No. 2. Pp 28-35. (in Uzbek)
10	Джураев Д., Маматов Ф. М., Халилов М. С. PJG`-10 универсал осма пуркагичи иш қисмидан чиқадиган ҳаво оқимининг параметрларини назарий аниқлаш // IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA журнали. – Тошкент, 2018. – №4(14). – Б 81-85.	Dzhuraev D., Mamatov F.M., Khalilov M.S. <i>PJG`-10 universal osma purkagichi ish kismidan chikadigan khavo okiminiy parametrlarini nazariy aniklash</i> [Theoretical determination of air flow parameters out of the workpiece of the PJG-10 universal hanging sprayer] . Journal . IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Tashkent. 2018. No4(14). Pp 81-85 (in Uzbek)
11	Джураев Д., Халилов М.С. PJG`-10 универсал осма пуркагич вентиляторни кожухи дарчаси ва иш қисмидан чиқадиган ҳаво оқими параметрларининг синовларда аниқлаш // Фарғона политехника институтининг ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ. – Фарғона, 2019. – Том 23. – №2. – Б. 44-52.	Dzhuraev D., Khalilov M.S. <i>PJG`-10 universal osma purkagich ventilyatori kozhukhi darchasi va ish kismidan chikadigan khavo okimi arametrlarining sinovlarda aniklash</i> [Determination of PJG`-10 universal air blower fan in the test window and exhaust air parameters from the working part] scientific-technical JOURNAL OF FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE. Fergana, 2019. Volume 23. No 2.Pp. 44-52.(in Uzbek)
12	Джураев Д., Халилов М.С., Уришев А.Э. PJG`-10 универсал осма пуркагичи талаб қиладиган қувватини назарий аниқлаш // "IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA" журнали. – Тошкент, 2018. Махсус сон. – Б. 97-101.	D.Dzhuraev, M.S. Khalilov, A.E. Urishev. <i>PJG`-10 universal osma purkagichi talab kiladigan kuvvatini nazariy aniklash</i> [PJG`-10 universal apocalypse is required to meet the exact strength of the concept] journal IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Tashkent. 2018. Special category. Pp. 97-101 . (in Uzbek)
13	Джураев Д., Халилов М.С., Бадалов С.М., Тоиров И., Уришев А.Э. Универсал осма пуркагичга ўрнатиладиган распилителларни асослаш// "IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA" журнали. –Тошкент,2020. – №2. – Б.47-52.	Dzhurayev D., Khalilov M.S., Badalov S.M., Toirov I.ZH, Urishev A.E. <i>Universal osma purkagichga urnatiladigan raspilitellarni asoslash</i> [Substantiation of raspilitels mounted on universal hanging sprayer] Journal. IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Tashkent. 2018. No 2. Pp. 47-52 (in Uzbek)
14	Джураев Д., Маматов Ф.М., Халилов М.С., Тоиров И. Мевали боғлар ва узумзорларда зараркунанда ва касалликларига қарши курашишда PJG`-10 универсал осма пуркагичи // AGRO ILM журнали. – Тошкент, 2019. – №2 (52). – Б.90-91.	Dzhuraev D., Mamatov F.M., Khalilov M.S., Toirov I. <i>Mevali boglar va uzumzorlarda zararkunanda va kasalliklariga karshi kurashishda RJG`-10 universal osma purkagichi</i> [PJG`-10 universal hanging sprayer in pest and disease control in orchards and vineyards] Journal AGRO ILM. Tashkent, 2019. No 2 (52). Pp. 90-91. (in Uzbek)
15	О'з DSt 3202:2016 Испытания сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели и опылители. Методы испытаний. Ташкент. 2016. 18 с.	O'z DSt 3202:2016. <i>Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki</i> [Tests of agricultural machinery] Sprayers and pollinators. Test methods. Tashkent. 2016. 18 p. (in Russian)
16	ГОСТ 24055-88 – Методы эксплуатационно- технологической оценки, – Москва: Стандартиформ, 1988. – 35 с.	GOST 24055-88 - <i>Metody ekspluatatsionno- tekhnologicheskoy otsenki</i> , [GOST 24055-88 - Methods of operational and technological assessment] Moscow. Standartinform 1988. 35 p. (in Russian)
17	ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний // Москва: Стандартиформ, 2009. – 42 с.	GOST R 53053-2008. <i>Mashiny dlya zashchity rasteniy</i> [Plant protection machines] Sprayers. Test methods. Moscow. Standartinform 2009. 42 p. (in Russian)
18	Протокол испытаний № 03-32-03 (4140162). Опрыскиватель ОП-2000М. Республика Татарстан, Высокая Гора. 2003. 5 с.	Protokol ispytaniy № 03-32-03 (4140162) [Test report No. 03-32-03 (4140162)] Republic of Tatarstan. from. High mountain. 2003. 5 p (in Russian).
19	Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. Москва АСТ. 2005. 335 с.	Vygodskiy M.YA. <i>Spravochnik po elementaroy matematike</i> [Handbook of Elementary Mathematics.] Moscow. AST 2005. 335 p. (in Russian)
20	Адян С.И., Болибрух А.А., Бесов О.В. Современные проблемы математики. Вып.1. – Москва, 2004. – 108 с.	Adyan S.I., Bolibrukh A.A., Besov O.V. <i>Sovremennyye problemy matematiki</i> [Modern problems of mathematics]. Issue 1. Moscow. 2004. 108 p. (in Russian)