

# Вестник БарГУ

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 года  
Выходит 2 раза в год

№ 1 (9), июнь, 2021

Серия «Технические науки»

Учредитель: учреждение образования  
«Барановичский государственный университет».

Адрес редакции:  
ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.  
Телефон: +375 (163) 64 34 77.  
E-mail: vestnik@barsu.by .

Подписные индексы: 00993 — для индивидуальных  
подписчиков; 009932 — для организаций.  
Свидетельство о регистрации средств массовой  
информации № 1533 от 30.07.2012, выданное  
Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной  
комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г.  
№ 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ»  
серия «Технические науки» включён в Перечень  
научных изданий Республики Беларусь для опублико-  
вания результатов диссертационных исследований  
по техническим наукам.

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ»  
включен в РИНЦ (Российский индекс научного  
цитирования), лицензионный договор № 06-01/2016.

Выходит на русском и английском языках.  
Распространяется на территории  
Республики Беларусь.

Исполняющий обязанности заведующего  
редакционно-издательской группой Н. Н. Колодко  
Технический редактор Л. Н. Щербук  
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак  
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 31.05.2021. Формат 60 × 84 1/8.  
Бумага ксероксная. Печать цифровая.  
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 10,75. Уч.-изд. л. 6,60.  
Тираж 100 экз. Заказ . Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское  
областное унитарное полиграфическое предприятие  
«Слонимская типография». Свидетельство  
о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014.  
Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 г. Слоним,  
Гродненская обл.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кочурко В. И. (*гл. ред. журн.*), доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
академик Белорусской инженерной академии, академик Международной  
академии технического образования, академик Международной академии наук  
педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины,  
ректор учреждения образования «Барановичский государственный университет»  
(Барановичи, Республика Беларусь).

Климук В. В. (*зам. гл. ред. журн.*), кандидат экономических наук, доцент,  
проректор по научной работе учреждения образования «Барановичский  
государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Алифанов А. В. (*гл. ред. сер.*), лауреат Государственной премии Республики  
Беларусь в области науки и техники, доктор технических наук, профессор  
(Барановичи, Республика Беларусь); Горбач Ю. Е. (*отв. секретарь сер.*)  
(Барановичи, Республика Беларусь).

Леон О. В. (*ред. текстов на англ. яз.*), кандидат филологических наук  
(Барановичи, Республика Беларусь).

Богданович И. А. (*отв. за направление «Машиностроение и машиноведение»*),  
кандидат технических наук, доцент (Барановичи, Республика Беларусь);  
Дубень И. В. (*отв. за направление «Процессы и машины агроинженерных  
систем»*), кандидат технических наук (Барановичи, Республика Беларусь).

Анискович Г. И., кандидат технических наук, доцент (Минск, Республика  
Беларусь); Белый А. В., член-корреспондент Национальной академии наук  
Беларуси, доктор технических наук, профессор (Минск, Республика Бела-  
русь); Гавриленя А. К., кандидат технических наук, доцент (Барановичи,  
Республика Беларусь); Девойно О. Г., доктор технических наук, профессор  
(Минск, Республика Беларусь); Дремук В. А., кандидат технических наук  
(Барановичи, Республика Беларусь); Ивашко В. С., доктор технических наук,  
профессор (Минск, Республика Беларусь); Калугин Ю. К., кандидат  
технических наук, доцент (Гродно, Республика Беларусь); Карташевич А. Н.,  
доктор технических наук, профессор (Горки, Республика Беларусь);  
Клочков А. В., доктор технических наук, профессор (Горки, Республика  
Беларусь); Клубович В. В., доктор технических наук, академик  
Национальной академии наук Беларуси, профессор (Минск, Республика  
Беларусь); Сиваченко Л. А., доктор технических наук, профессор (Могилев,  
Республика Беларусь); Томило В. А., доктор технических наук, профессор  
(Минск, Республика Беларусь); Шелег В. К., член-корреспондент  
Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук,  
профессор (Минск, Республика Беларусь).

# BarSU Herald

A quarterly scientific and practical journal

Published since March 2013  
It is published 2 times a year

1 (9), March, 2021

Engineering Series

Promoter: educational institution "Baranovichy State University".

Editorial address:  
21 Voykova Str., 225404 Baranovichy.  
Phone: +375 (163) 45 46 28.  
E-mail: vestnik@barsu.by .

Subscription indices: 00993 — for individual subscribers;  
009932 — for companies.  
The certificate of the registration of mass media № 1533  
of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information  
of Belarus.

In compliance with the order of the Higher Attestation  
Commission of the Republic of Belarus from January 21,  
2015 № 16 the scientific and practical journal "BarSU  
Herald. Engineering Series" is included into the List of  
scientific publications of the Republic of Belarus for  
publishing the results of theses research on engineering  
sciences (mechanical engineering and machines,  
processes and machines of agroengineering systems).

Scientific-and-practical journal "BarSU Herald"  
is included into RSCI (Russian Science Citation Index),  
license agreement № 06-01/2016.

Issued in Russian and English. The journal is distributed  
on the territory of the Republic of Belarus.

Interim managing editor N. N. Kolodko  
Technical editor L. N. Scherbuk  
Desktop Publishing S. M. Glushak  
Proofreader N. N. Kolodko

Signed print 31.05.2021. Format 60 × 84 1/8. Paper xerox.  
Digital printing. Headset Times. Conv. pr. s. l. 10,75.  
Acc.-pub. s. l. 6,60. Circulation of 100 copies.  
Order Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary  
Enterprise "Slonim printing establishment". The state  
registration certificate of the publisher, manufacturer and  
publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2  
of 25.02.2014. Address: 16 Hlyupin St., 231800 Slonim,  
Grodno region.

## EDITORIAL BOARD

Kochurko V. I. (*Editor-in-Chief*), Doctor of Agriculture, Professor, Member of the Belarusian Academy of Engineering, Member of the International Academy of Technical Education, Member of the International Academy of Pedagogical Education, Member of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Distinguished educator of the Republic of Belarus (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Klimuk V. V. (*Deputy Editor-in-Chief*), Ph. D. in Economic Sciences, Associate Professor, (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Alifanov A. V. (*Executive Editor of the Issue*), State-Prize Winner of the Republic of Belarus in Science and Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Leon O. V., Ph. D in Philological Science (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Bogdanovich I. A. (*in charge of the heading "Machine Building and Engineering Science"*), Ph. D of Technical Science, Associate Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus); Duben I. V. (*in charge of the heading "Processes and Machines of Agro-engineering Systems"*), Ph. D. in Technical Sciences (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Aniskovich G. I., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, the Republic of Belarus); Bely A. V., A. M. of the National Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Gavrilena A. K., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus); Devoino O. G., Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Dremuk V. A., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus); Ivashko V. S., Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Kalugin Y. K., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor (Grodno, the Republic of Belarus); Kartashevich A. N., Doctor of Technical Sciences, Professor (Gorki, the Republic of Belarus); Klochkov A. V., Doctor of Technical Sciences, Professor (Gorki, the Republic of Belarus); Klubovich V. V., Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Sivachenko L. A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Mogilev, the Republic of Belarus); Tomilo V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Sheleh V. K., A. M. of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus).

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Дударев В. А., Михальков А. Д., Михальков В. С., Сиваченко Л. А.** Исследование работы вертикальной вибрационной мельницы для измельчения строительных материалов
- Клочков А. В., Емельяненко А. А., Федосов К. С.** Параметры индукции при объемном расположении магнитов
- Милукова А. М., Матяс А. Н., Лях А. А., Горчанин А. И., Толкачева О. А., Хан Цзинь.** Исследование физико-механических свойств титанового сплава после магнитно-импульсной обработки
- Попок Н. Н., Портянко С. А., Тихон Е. М., Анисимов В. С.** Моделирование и регулирование стружкообразования и потоков смазочно-охлаждающей технологической среды при фрезеровании
- Потапов В. А., Сиваченко Л. А., Дремук В. А.** Исследование влияния режимов работы цепного агрегата на показатели процесса измельчения мела в технологии производства извести
- Романчук И. А., Голубев В. С., Веера И. И.** Особенности формирования упрочняющих покрытий при комплексной лазерной и плазменно-порошковой наплавке

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

- Бурдейко В. А., Ловкис В. Б.** Расчет щеток машины для сбора колорадского жука
- Зяц П. В., Казакевич П. П.** Результаты экспериментальных исследований машины для сбора колорадского жука
- Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Заболотный О. Д.** Исследование вязкостно-температурных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях механических транспортных средств
- Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Заболотный О. Д.** Исследование эксплуатационных показателей полусинтетических моторных масел марки SAE 10W40, используемых в бензиновых двигателях

## MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

- 4 Dudarev V. A., Mikhalkov A. D., Mikhalkov V. S., Sivachenko L. A.** Investigation of the operation of a vertical vibration mill for grinding building materials
- 10 Klochkov A. V., Emelianenko A. A., Fedosov K. S.** Induction parameters by the three-dimensional arrangement of magnets
- 18 Milyukova A. M., Matyas A. N., Liakh A. A., Gorchanin A. I., Tolkacheva O. A., Han Jin.** Improvement of physical and mechanical properties of titanium alloy by magnetic-pulse treatment
- 27 Popok N. N., Partsianka S. A., Tikhon E. M., Anisimov V. S.** Modeling and regulation of chip formation and flows of the lubricating and cooling process medium during milling
- 37 Potapov V. A., Sivachenko L. A., Dremuk V. A.** Research of the influence of the operating modes of the chain unit on the indicators of the process of grinding chalk in the technology of lime production
- 44 Romanchuk I. A., Golubev V. S., Vegera I. I.** Features of forming of consolidating coverages at complex laser and plasma-powder surfacing

## PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

- 53 Burdejko V. A., Lovkis V. B.** Calculation of the brushes of the colorado beetle harvesting machine
- 59 Zayats P. V., Kazakevich P. P.** Results of experimental studies colorado beetle harvesting machines
- 70 Pivovarchik A. A., Gavrilenia A. K., Zabolotny O. D.** Study of viscosity-temperature indices of semi-synthetic engine oils used in gasoline engines of power-driven vehicles
- 77 Pivovarchik A. A., Gavrilenia A. K., Zabolotny O. D.** Performance study of semi-synthetic SAE 10W40 engine oils used in gasoline engines

УДК 539.19(075.8):621.317.421

**А. В. Клочков, А. А. Емельяненко, К. С. Федосов**

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ул. Мичурина, 5,  
213407 Горки, Республика Беларусь, +375 (22) 335 93 83, olena\_k@tut.by

## ПАРАМЕТРЫ ИНДУКЦИИ ПРИ ОБЪЕМНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ МАГНИТОВ

Магнитная индукция является силовой характеристикой магнитного поля и определяет в данной точке пространства его действие на движущиеся относительно данного магнитного поля заряженные частицы и тела, включая биологические объекты. Она определяет способность влиять на объект с помощью магнитного поля. Магнитные поля, ориентированные в одном направлении, не нейтрализуют друг друга, а складываются, формируя единое поле.

Максимальная величина магнитной индукции в исследованных вариантах наблюдается на расстоянии 20 мм от центра магнита и распространяется на 50—70 мм, но уже на расстоянии 30 мм от плоскости магнита величина индукции снижается в среднем в 5 раз.

В зонах предполагаемого воздействия магнитного поля целесообразно использовать встречную направленность ( $S : N$ ) полюсов магнитов. Одинаковая ориентация магнитных полюсов сопровождается существенным снижением магнитной индукции в зоне взаимодействия.

**Ключевые слова:** магниты; магнитная индукция; взаимодействие магнитных полей.

Рис. 6. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

**A. V. Klochkov, A. A. Emelianenko, K. S. Fedosov**

Educational Institution “Belarusian State Agricultural Academy”, the Ministry of Agriculture and Food  
of the Republic of Belarus, 5 Michurina Str., 213407 Gorki, the Republic of Belarus,  
+375 (22) 335 93 83, olena\_k@tut.by

## INDUCTION PARAMETERS BY THE THREE-DIMENSIONAL ARRANGEMENT OF MAGNETS

Magnetic induction is a force characteristic of a magnetic field and determines its impact on charged particles and bodies (biological objects included) moving relative to a given magnetic field at a given point in space. It determines the ability to influence an object by a magnetic field. Magnetic fields oriented in one direction do not neutralize each other, but add up to form a single field.

The maximum value of magnetic induction in the variants under consideration is observed at a distance of 20 mm from the center of the magnet and extends to 50...70 mm, but already at a distance of 30 mm from the surface of the magnet, the value of induction decreases by 5 times on average.

In the areas of expected magnetic field exposure, it is advisable to use the opposite direction ( $S : N$ ) of the magnet poles. The same orientation of the magnetic poles is accompanied by a significant decrease in the magnetic induction in the interaction zone.

**Key words:** magnets; magnetic induction; interaction of magnetic fields.

Fig. 6. Table 1. Ref.: 11 titles.

**Введение.** Магнитные технологии перспективны для применения в различных областях деятельности. Особенный интерес представляет реализация потенциала магнитного воздействия в сельском хозяйстве на семена и растения. Значительные перспективы имеет использование искусственных магнитных полей, под действием которых многие биологические объекты и вещества изменяют свои характеристики.

Под действием искусственного магнитного поля может значительно ускориться рост растений [1—5]. Существуют предположения о возможности уменьшения пораженности семян и растений плесневыми грибами, об отпугивающем действии магнитного поля на вредителей сельскохозяйственных культур.

Многими исследователями доказано, что в результате воздействия магнитных полей на растения происходит стимуляция обменных процессов, что приводит к повышению интенсивности их роста и развития [5—7].

Технические устройства для осуществления магнитных воздействий на сельскохозяйственные объекты могут иметь различную конструкцию [8]. Они могут непосредственно воздействовать на биологические объекты или передавать свое влияние через поливную воду, рабочие жидкости пестицидов, растворы удобрений.

При этом остается недостаточно изученным потенциал получаемых магнитных полей при различном расположении магнитов относительно зоны предполагаемого технологического воздействия.

Вопросы распространения индукции магнитного поля при изолированном расположении магнитов рассматривались нами ранее [9—11]. Однако представляет перспективный интерес вариант объемного расположения магнитов в различных сочетаниях в целях выявления максимальных значений создаваемой магнитной индукции.

**Материалы и методы исследования.** Измерения проводили с использованием приборов ИМП-1 и ИОН-3 (измерители магнитной индукции производства ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»). Прибор для измерения магнитной индукции ИМП-1 оснащен тремя взаимно ортогональными датчиками Холла и предназначен для измерения трех компонент и модуля индукции постоянных магнитных полей.

Цифровой магнитометр — измеритель остаточной намагниченности ИОН-3 — применяется для широкого спектра задач, где необходимо определение индукции магнитного поля и остаточной намагниченности: деталей и заготовок после размагничивания, намагниченных в процессе магнитопорошковой дефектоскопии или при шлифовке, при разгрузке магнитной шайбой, для определения намагниченности счётчиков воды, газа, а также иных задач.

В ходе опытов определяли магнитную индукцию в окружающем пространстве вокруг кольцевых ферритовых магнитов со следующими размерами, мм (наружный диаметр × внутренний диаметр × толщина):  $75 \times 28 \times 13$  — для использования в системах орошения;  $60 \times 23 \times 8$  — для омагничивания воды в опрыскивателях;  $22 \times 12 \times 5$  — для капельного орошения.

Для исследования магнитного поля отдельных магнитов использовали простейший пространственный координатор, в центр которого помещали исследуемые магниты (рисунок 1), затем измеряли нормальную и тангенциальную составляющие магнитной индукции (мТл).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Исходные условия воздействия магнитного поля на объект определяются распространением магнитных полей от отдельных магнитов. Индукция магнитного поля, как показали результаты измерений, изменяется по ширине исследуемых кольцевых ферритовых магнитов (рисунок 2).

Максимальное значение модуля магнитной индукции в исследованных вариантах наблюдается на расстоянии около 20 мм от центра магнита. Отмечаются аналогичные закономерности изменения нормальной и тангенциальной составляющих при действии обоих полюсов —  $S$  и  $N$ .



Рисунок 1. — Измерение магнитных полей с использованием пространственного координатора и магнитометров

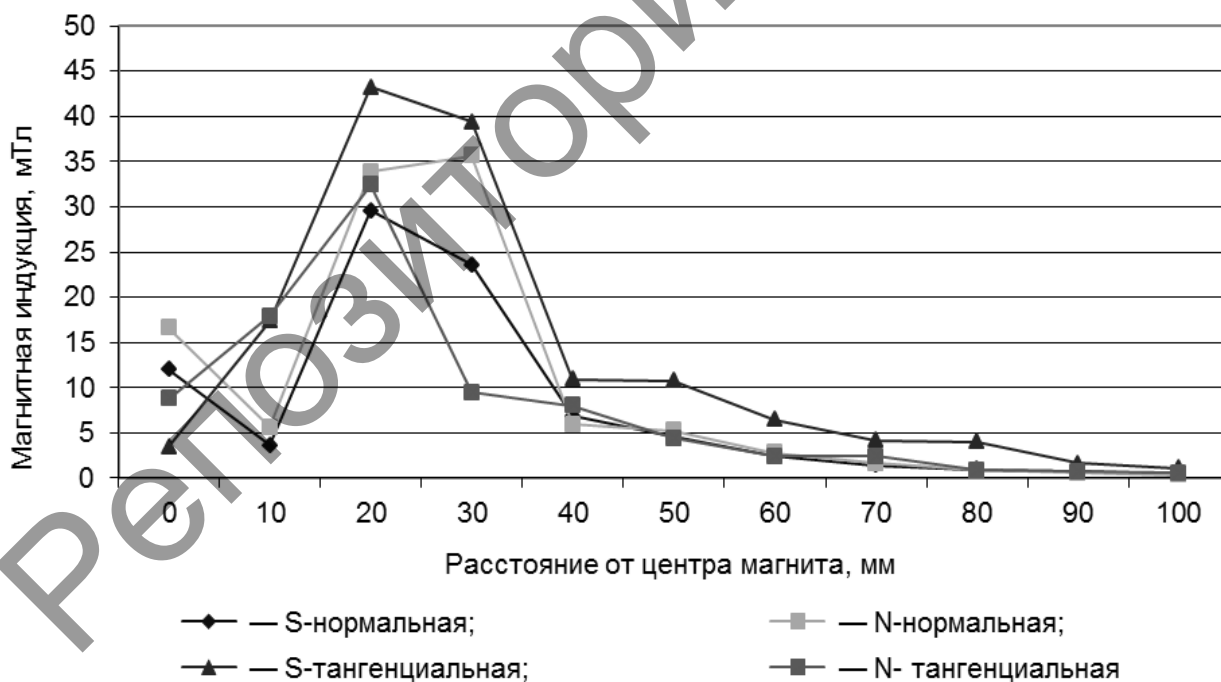
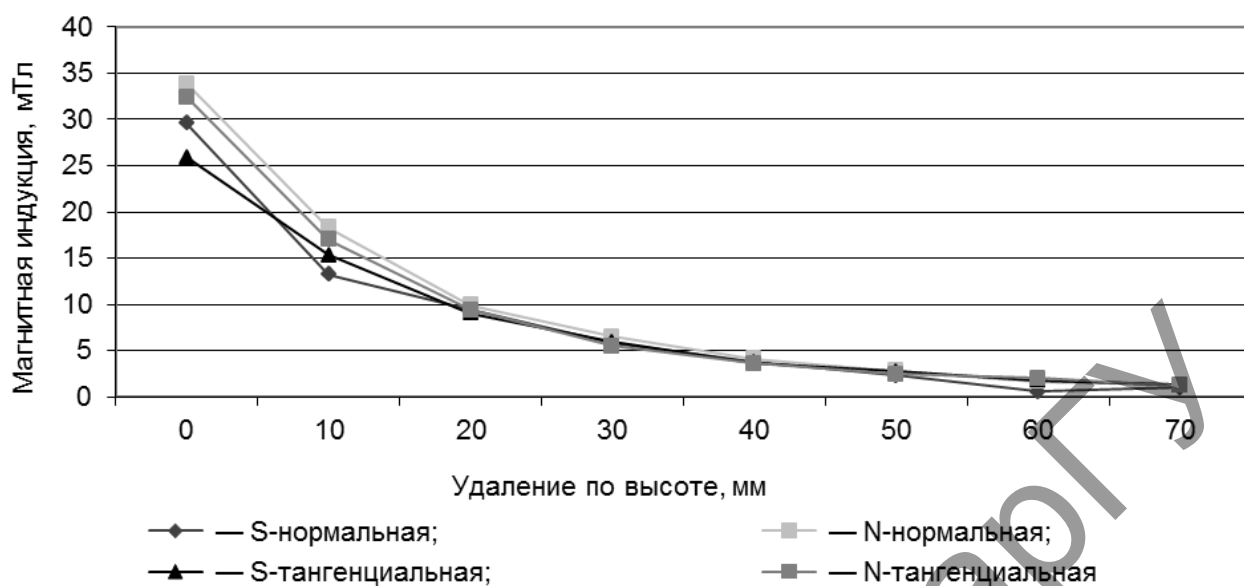


Рисунок 2. — Параметры нормальной и тангенциальной составляющей магнитной индукции по ширине магнита (наружный диаметр — 60 мм, внутренний диаметр — 23 мм)

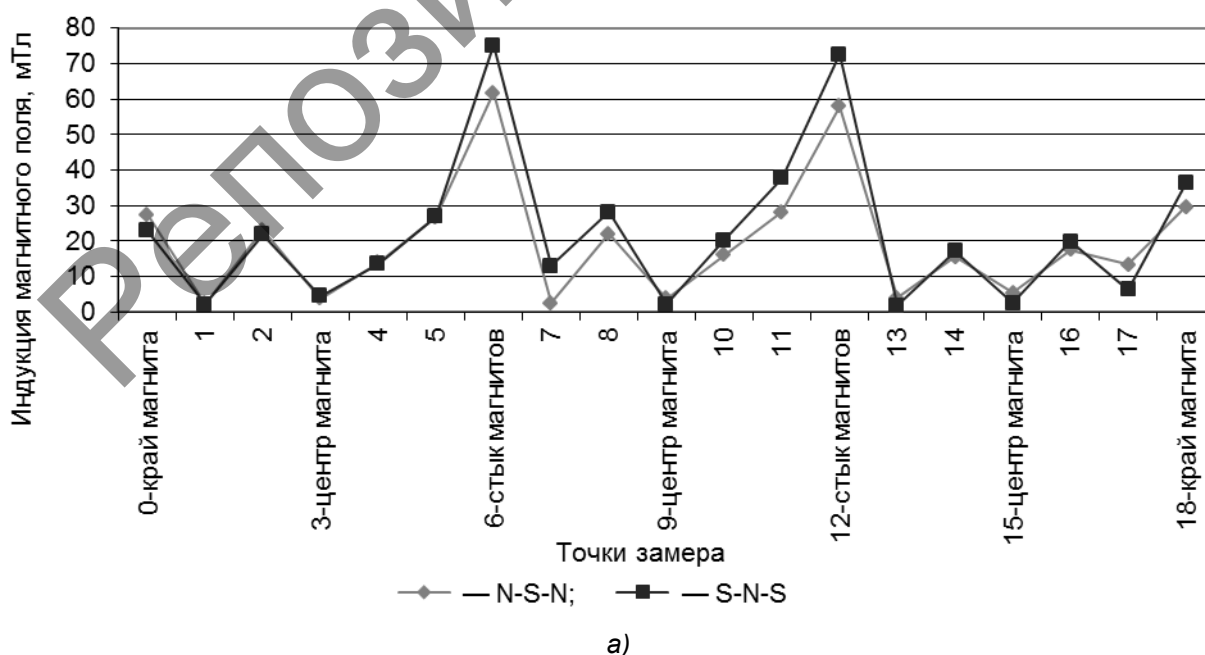
С удалением от плоскости магнита наблюдаемые параметры магнитной индукции закономерно уменьшаются (рисунок 3). Так, на расстоянии 30 мм от плоскости магнита индукция снижается в 4,4...5,9 раза (в среднем в 5 раз).



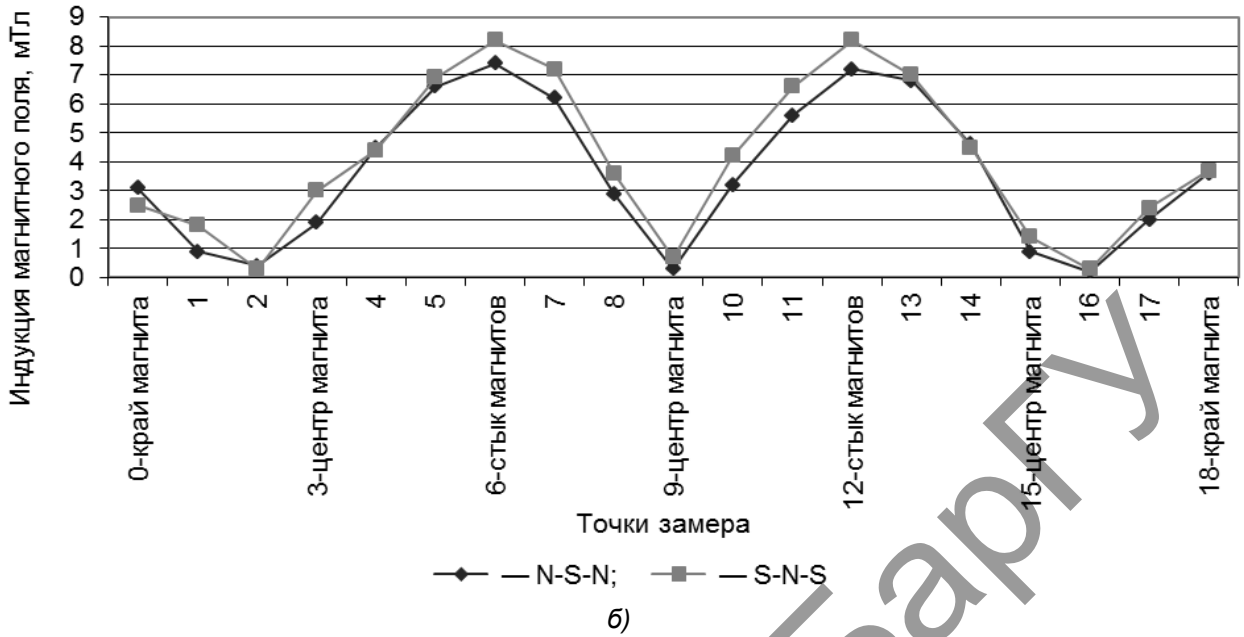
**Рисунок 3. — Параметры нормальной и тангенциальной составляющих магнитной индукции с удалением от магнита (наружный диаметр — 60 мм, внутренний диаметр — 23 мм, удаление от оси — 20 мм)**

Возможным является линейное расположение магнитов в одной плоскости. Распространение индукции в этом случае сопровождается взаимодействием магнитных полей, особенно проявляющимся в точках соприкосновения магнитов (рисунок 4).

В данном опыте индукция магнитного поля измерялась прибором ИОН-3. Независимо от очередности чередования полюсов вблизи поверхности магнитов индукция увеличивается до 58,0...75,1 мТл, тогда как среднее значение по участку замеров составляло 19,8...22,4 мТл. С удалением от плоскости магнитов на 25 мм картина взаимодействия проявляется еще более четко, но максимальное значение индукции снижается до 7,2...8,2 мТл.



**Рисунок 4. — Изменение магнитной индукции при линейном расположении трех магнитов вблизи поверхности (а) и на расстоянии 25 мм (б)**



Окончание рисунка 4

Среди возможных вариантов расположения магнитов рассмотрена их установка на трубчатой оси с возможностью подачи омагничиваемого материала внутри такой трубы из немагнитизируемого материала. Исследовали два варианта: согласное расположение магнитов ( $S-N : S-N$ ) и встречное, при котором соседние магниты расположены друг к другу одноименными полюсами ( $S-N : N-S$  и  $N-S : S-N$ ). Исследования показали своеобразную картину взаимодействия, которая в значительной степени зависит от ориентации магнитов (рисунок 5).

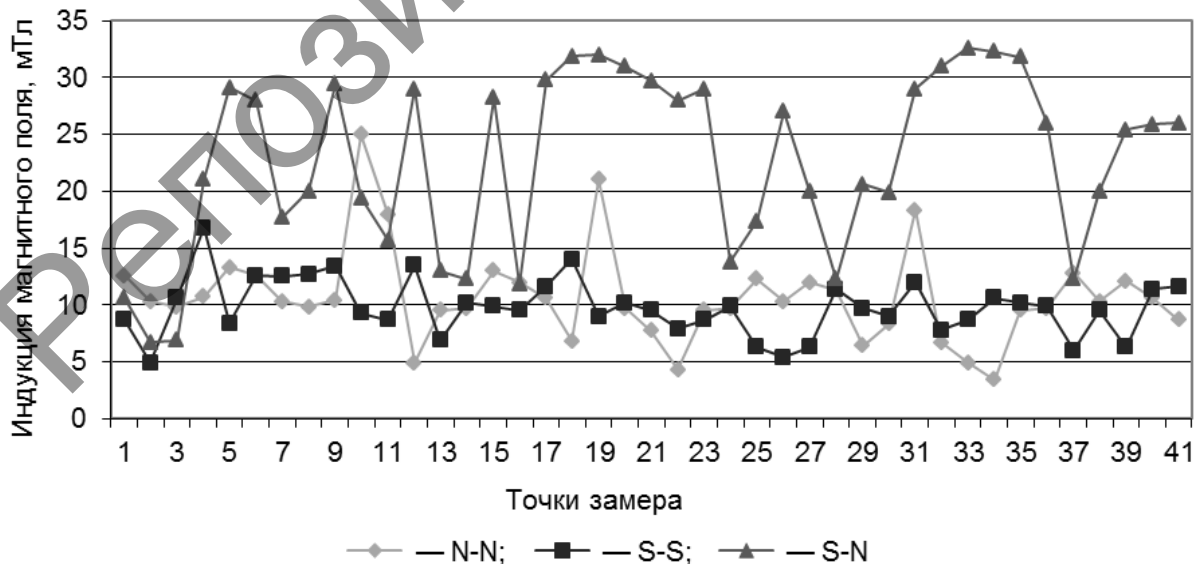


Рисунок 5. — Изменение индукции магнитного поля внутри трубы из немагнитизируемого материала с насаженными кольцевыми магнитами

Полученные данные показывают, что при встречной ориентации магнитных полей отдельных магнитов (схема  $N-S : S-N$ ) индукция снижается и составляет в среднем 9,8...10,7 мТл, тогда как при согласной ориентации (схема  $N-S : N-S$ ) возрастает до 22,8 мТл. Это убедительно доказывает целесообразность использования в технологическом пространстве возможных омагничивающих устройств магнитов с согласной ориентацией, при которой магниты направлены разноименными полюсами.

Для определения магнитной индукции при пространственном расположении магнитов предложена и исследована физическая модель взаимодействий магнитных полей с расположением магнитов на внешних поверхностях куба (рисунок 6). В соответствии с данными о зонах действия магнитной индукции исследованных магнитов длина ребра куба, изготовленного из пенопласта, была принята равной 70 мм. Объемное действие магнитных полей изучалось и оценивалось при различных вариантах размещения магнитов (таблица 1).

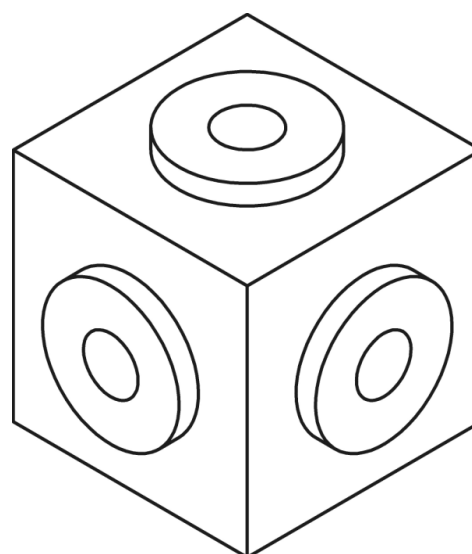
Измеренные значения магнитной индукции зависят от расположения датчика, причем более высокие показания были отмечены при расположении датчика в горизонтальной плоскости.

Полученные данные характеризуют сложный характер взаимодействия магнитных полей при различной пространственной ориентации полюсов магнитов. Минимальные значения магнитной индукции отмечаются при встречном положении полюсов  $S$ -магнитов, расположенных соосно (схема  $N-S : S-N$ ). При встречном положении полюсов  $N$  (схема  $S-N : N-S$ ) особенно сильно проявляется снижение магнитной индукции при установке магнитов по данной схеме по всем трем осям. Максимальные суммарные показания (28,13...33,20 мТл) зафиксированы при использовании 4 или 6 магнитов при чередовании расположения полюсов  $S$  и  $N$  по окружности.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о целесообразности использования в зонах предполагаемого воздействия магнитных полей согласной направленности (схема  $N-S : N-S$ ), что приводит к объединению их магнитных полей. Ориентация магнитных полей в зоне взаимодействия по схемам  $S-N : N-S$  или  $N-S : S-N$  сопровождается существенным снижением магнитной индукции из-за встречного положения магнитных полей отдельных магнитов и их взаимного ослабления.



а)



б)

Рисунок 6. — Каркас из пенопласта кубической формы (а) и схема размещения магнитов на его гранях (б)

Таблица 1. — Параметры магнитной индукции (мТл) внутри полости куба при различных вариантах расположения магнитов (в среднем по трем измерениям)

Схема расположения магнитов	Положение датчика				Модуль магнитной индукции, мТл
	горизонтальное		вертикальное		
	нормальная составляющая	тангенциальная составляющая	нормальная составляющая	тангенциальная составляющая	
	11,83	2,13	0,80	0,01	14,77
	0	0,09	0,87	0,73	1,69
	1,87	2,50	0,60	2,67	7,64
	0,83	0	2,97	0	3,80
	0	0	0,33	1,50	1,83
	0,27	0	0,90	0	1,17
	8,63	8,33	4,87	1,63	23,46
	8,27	12,20	3,20	9,53	33,20
	9,30	9,20	1,83	7,80	28,13
	8,80	0	1,80	3,27	13,87

**Вывод.** Магнитная индукция является силовой характеристикой магнитного поля и определяет в данной точке пространства его действие на движущиеся относительно данного магнитного поля заряженные частицы и тела, включая биологические объекты. Она определяет способность влиять на объект с помощью магнитного поля. Магнитные поля, ориентированные в одном направлении, не нейтрализуют друг друга, а складываются, формируя единое поле.

Максимальная величина магнитной индукции в исследованных вариантах наблюдается на расстоянии 20 мм от центра магнита и распространяется на расстояние 50...70 мм, но уже на расстоянии 30 мм от плоскости магнита величина индукции снижается в среднем в 5 раз.

В зонах предполагаемого воздействия магнитного поля при ортогональном расположении магнитов целесообразно использовать согласную направленность магнитов, находящихся на одной оси (S—N : S—N). Встречная ориентация магнитных полей отдельных магнитов приводит к существенному снижению магнитной индукции в зоне взаимодействия с объектом обработки.

## Список цитируемых источников

1. *Новицкий, Ю. И.* Магнитное поле в жизни растений / Ю. И. Новицкий ; под ред. А.Т. Епринцева. — Воронеж : Центр.-чернозем. книж. изд-во, 2002. — Вып. 17. — С. 8—19.
2. *Кефели, В. И.* Рост растений / В. И. Кефели. — М. : Колос, 1973. — 120 с.
3. *Новицкий, Ю. И.* Магнитные поля в жизни растений / Ю. И. Новицкий // Проблемы космической биологии. — М. : Наука, 1973. — Т. 18. — С. 164—178.
4. *Новицкий, Ю. И.* Параметрические и физиологические аспекты действия постоянного магнитного поля на растения : дис. ... д-ра биол. наук / Ю. И. Новицкий. — М., 1985. — 339 л.
5. *Новицкий, Ю. И.* Реакция растений на магнитные поля / Ю. И. Новицкий. — М. : Наука, 1978. — С. 119—130.
6. *Азарова, Е. П.* К механизму действия магнитного поля на семена / Е. П. Азарова, А. П. Салей // Проблемы интродукции и экологии Центрального Черноземья. — Воронеж, 1997. — С. 107—109.
7. *Барышев, М. Г.* Влияние электромагнитного поля на биологические системы растительного происхождения / М. Г. Барышев. — Краснодар : Куб. гос. ун-т, 2002. — 297 с.
8. *Классен, В. И.* Вода и магнит / В. И. Классен. — М. : Наука, 1973. — 112 с.
9. *Клочков, А. В.* Проращивание семян в магнитном поле / А. В. Клочков, О. С. Клочкова, О. Б. Соломко // Вестн. БГСХА. — 2020. — № 3. — С. 163—168.
10. *Клочков, А. В.* Возможности применения омагниченной поливной воды / А. В. Клочков, О. Б. Соломко, А. А. Емельяненко // Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве : сб. науч. тр. — Бухара, 2020. — С. 162—164.
11. *Клочков, А. В.* Параметры магнитного поля в устройствах омагничивания воды / А. В. Клочков, О. Б. Соломко, А. А. Емельяненко // Агропанорама. — 2020. — № 5 (141). — С. 23—28.

Поступила в редакцию 01.03.2021.