

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**EUROPEAN JOURNAL
OF NATURAL
HISTORY**

**ЕВРОПЕЙСКИЙ
ЖУРНАЛ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

The journal is based in 2005

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,301

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,120

№6, 2023

ISSN 2073-4972

Журнал **ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ** зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № ФС 77-19917.

The **EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY** is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications.

Certificate PI No. FS 77-19917.

Актуальный сайт журнала:

<https://world-science.ru>

The current website of the journal:

<https://world-science.ru>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.и.н. Н.Е. Старчикова

EDITOR

Ph.D. N.E. Starchikova

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

д.п.н., проф. Кашапова Л.М. (Уфа), д.вет.н., доцент Ермолина С.А. (Киров), к.филол.н., доцент Семькина Е.Н. (Белгород), к.психол.н., доцент Петровская М.В. (Воронеж), д.с.-х.н., проф. Дементьев М.С. (Ставрополь), д.филол.н. доцент Шакирова Е.Ю. (Воронеж), к.э.н., доцент Лаврова Е.В. (Москва), к.б.н. Кантаржи Е.П. (Москва), д.п.н., проф. Николаева А.Д. (Якутск), д.ф.-м.н., проф. Логинов В.С. (Томск), д.полит.н., проф. Жирнов Н.Ф. (Саратов), д.соц.н., проф. Покровская Н.Н. (Санкт-Петербург), к.г.н., доцент Хромешкин В.М. (Иркутск), д.х.н., проф. Трунин А.С. (Самара), д.и.н., доцент Туфанов Е.В. (Ставрополь)

EDITORIAL COUNCIL:

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof. Kashapova L.M. (Ufa), Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor Ermolina S.A. (Kirov), Candidate of Philological Sciences, Associate Professor Semykina E.N. (Belgorod), Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor Petrovskaya M.V. (Voronezh), Doctor of Agricultural Sciences, Prof. Dementiev M.S. (Stavropol), Doctor of Philosophy, Associate Professor Shakirova E.Yu. (Voronezh), Candidate of Economic Sciences, Associate Professor Lavrova E.V. (Moscow), Candidate of Biological Sciences Kantarzhi E.P. (Moscow), Candidate of Pedagogical Sciences, Prof. Nikolaeva A.D. (Yakutsk), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Prof. Loginov V.S. (Tomsk), Doctor of Political Science, Prof. Zhirnov N.F. (Saratov), Doctor of Social Sciences, Prof. Pokrovskaya N.N. (St. Petersburg), Candidate of Geological Sciences, Associate Professor Khromeshkin V.M. (Irkutsk), Doctor of Chemical Sciences, Prof. Trunin A.S. (Samara), Doctor of Historical Sciences, Associate Professor Tufanov E.V. (Stavropol)

EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) – главном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Учредитель, издатель и редакция:
ООО ИД «Академия Естествознания»

Founder, publisher and editor:
Academy of Natural History

Почтовый адрес:
101000, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя:
440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3
ООО ИД «Академия Естествознания»

Postal address:
101000, Moscow, BOX 47
Editorial and publisher address:
440026, Penza, Lermontov st., 3
Academy of Natural History

Тел. редакции: 8-(499)-705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Tel: 8-(499)-705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Техническое редактирование и верстка
Е.Н. Доронкина
Корректоры
Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Technical editing and layout by
E.N. Doronkina
Correctors
E.S. Galenkina, N.A. Dudkina

Подписано в печать – 29.12.2023
Дата выхода номера – 31.01.2024

Signed for print – 29.12.2023
Number issue date – 31.01.2024

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Format 60x90 1/8
Printing house
Academy of Natural History
410035, Saratov, st. Mamontova, 5

Распространение по свободной цене

Distribution at a free price

Усл. печ. л. 4,5
Тираж 500 экз.
Заказ 2023/6

Conditionally printed sheets 4,5
Circulation 500 copies.
Order 2023/6

ARTICLE

Biological sciences

STUDY OF CHICKPEA GENOTYPES (*CICER ARIETINUM* L.)
RESISTANCE TO FUSARIUM DISEASE WITH DNA MARKERS

Hasanova S.Q., Mammadova A.D., Aliyev R.

4

МАТЕРИАЛЫ XV МЕЖДУНАРОДНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ 2023»

СТАТЬЯ

Медицинские науки

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ СКОРОСТИ КЛУБОЧКОВОЙ
ФИЛЬТРАЦИИ ОТ ВОЗРАСТА ПАЦИЕНТА

Попова М.Г., Луцкич М.В., Дугушева В.А.

9

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА

Мустафаева Е.Т., Пещерев В.А., Макеева А.В.

13

СТАТЬИ

Технические науки

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗАВОДА
ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Алтатов Д.А.

20

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В НАПРАВЛЕНИИ РЕЗАНИЯ НА
ФАКТИЧЕСКУЮ ПОДАЧУ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ

Латшин В.П., Дудинов И.О.

26

МОДЕЛЬ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПО КОНТРОЛЮ
ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ ФАСОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

Мартынов В.В.

32

UDC 635.657.658

STUDY OF CHICKPEA GENOTYPES (*CICER ARIETINUM* L.) RESISTANCE TO FUSARIUM DISEASE WITH DNA MARKERS

Hasanova S.Q., Mammadova A.D., Aliyev R.

Institute of Genetic Resources, Baku,

e-mail: Seide_hesenova24@yahoo.com, afet63@mail.ru, aliyevramiz37@gmail.com

The study was conducted to investigate the resistance of 65 chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) introduced from ICARDA to Fusarium wilt both under field conditions and through DNA markers (ISSR and RAPD). As a result, 44 points were synthesized with both markers, 38 of which were polymorphic. DNA marker analysis showed high genetic variation (GDI=0.45; PIC=0.21) between native and introduced chickpea samples. The value of genetic distance index was 0.134-0.241. 417 n.c. of A7C RAPD primer, 600 n.c. of OPJ20 primer connected with H2 locus. and ISSR primers 1250 n.c. of UBC-811 primer, 1200 n.c. of UBC 825 primer. long fragments were recorded in most genotypes. 33.8% of the samples were evaluated as fusarium sensitive and 66.2% as resistant samples. Flip 13-123, Flip 13-28, Flip 13-109, Flip 13-75, Flip 13-79c, Flip 13-80c, Flip 13-161, Flip 13-52, Flip 13-33, Flip 13-35, Genotypes Flip 13-47, Flip 13-54, Gusar 44, Jalilabad 11, Ordubad 39, Ordubad 41, Flip 13-102, Flip 13-105, Flip 13-106 according to the phytopathological assessment carried out in field conditions and the results of molecular analyzes were evaluated as fusarium resistant samples. The information we obtained as a result of the research can be effectively used in the cultivation of disease-resistant chickpea samples.

Keywords: Chickpea, Fusarium wilt, molecular markers, resistance, electrophoresis, cluster

In Azerbaijan, there is a great need to create new pea varieties that meet modern requirements, are resistant to stress factors, diseases and pests, have high productivity and technological indicators for different regions of the Republic. As in other countries of the world, the main biotic factor that reduces the productivity of chickpeas in Azerbaijan is fungal diseases (ascochytosis, fusarium, olive mold, etc.). As a result of the lack of a gene resistant to all of these in plants, the resistance of plants decreases during the time.

Chickpeas ranks third in the world among leguminous plants by the size of cultivated areas [1]. The world average annual yield of chickpea is estimated to be about 105,78 kg/ha, which is lower than expected [2]. Low productivity is caused by biotic (Fusarium wilt, Aschochyta, nematodes, etc.) and abiotic stress factors together with a narrow genetic base [3-5]. Especially Fusarium oxysporum f. sp. is one of the most dangerous diseases that reduces productivity by 10-90% [6]. Cultivation of disease-resistant pea genotypes is the most effective method in the fight against Fusarium [7]. Using DNA markers closely linked to wilt resistance genes, it is possible to convert the genes into agronomically superior cultivars without actually exposing the genes to the pathogen. Marker-based sampling is an accurate, easy, and less time-consuming process than conventional methods. It has also been confirmed in previous studies that ISSR markers are more effective than RAPD mark-

ers [8, 9] Genetic studies confirm that resistance to race 4 is monogenic recessive [10]. A number of studies have been conducted to decipher the molecular marker closely related to Foc-4 resistance, and RAPD, SCAR, ISSR, STMS, etc. markers have been reported to be closely related to foc-4 [11]. In another study, it was found that most of the fusarium-resistant genotypes have the Foc01 resistance gene and the OPJ20 600 bp fragment [12]. Ratnaparkhe et al. (1998) associated disease resistance gene of UBC-825 ISSR primer and Tullu et al. (1999) reported that CS-27 and UBC-170 RAPD marker were associated with disease resistance.

The present study was conducted to investigate fusarium wilt resistance of 65 chickpea genotypes introduced from ICARDA both under field conditions and through RAPD and ISSR markers.

Material and methods of research

58 of the 65 chickpea genotypes selected for molecular characterization against Fusarium were introduced from the ICARDA genebank, and 8 samples were collected from different regions of Azerbaijan. Samples were grown in field conditions for 3 years and the response to Fusarium disease was determined, resistant, highly resistant, sensitive and highly sensitive samples were selected. Disease incidence and persistence were measured according to the IBU scale.

Immune (no fungus on plants)

Up to 10% – highly resistant

Up to 11-25% – moderate resistant
 Up to 26-50% – moderate susceptible
 More than 50% – susceptible

In order to group cultivars according to resistance to Fusarium disease, cluster analysis was performed based on the UPGMA (Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Average) method based on the Euclidean genetic distance.

Leaf samples for DNA extraction were taken 20 days after sowing. Genomic DNA was obtained from leaf tissue (2g) according to the CTAB method. The quality and quantity of extracted DNA was determined using a spectrophotometer. For the PCR mix, a 25 µl reaction volume contained 2.5 µl 10 X PCR

buffer, 2 µl dNTP (5 mM), 2 µl primer (10 µM), 1.5 µl MgCl₂ (50 mM), 0.2 µl Tag polymerase, and 20 The extracted DNA was used. PCR was performed under the following conditions: initial denaturation at 94°C for 2 min, 40 cycles at 94°C for 1 min, annealing at 50–55°C for 45 s, annealing at 72°C for 1 min, and a final denaturation at the same temperature for 7 min. PCR products were stained with ethidium bromide, electrophoresed on a 1.8% agarose gel, and documented using the BIO-RAD gel-documentation system. A molecular size standard of 1000 bp was used to measure the length of the fragments. The presence or absence of fragments synthesized with RAPD and ISSR primers was coded as (1) or (0), respectively (table 1).

Table 1

Name of DNA primers used in the study

RAPD primers	Primer sequence	Expected fragment length (bp)
UBC 170	ATC TCT CCT G	550
OPJ 20	AGT GGT CGC G	855
A ₇ C ₄₁₇	TAC TTA TAT CAT G	417
R2609	AGAGAGAGAGAGAGAGG	1600

USSR primers	Primer sequence	Expected fragment length (bp)
UBC 811	GAGAGAGAGAGAGAGAC	1250
UBC 825	ACACACACACACACT	1200
UBC 864	ATGATGATGATGATGATG	400
ACTG 4	AGAGAGAGAGAGAGAGC	650
UBC 855	ACACACACACACACACT	500

Results of the research and discussion

In this research work, the resistance of new cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.) introduced from ICARDA to Fusarium diseases was studied based on structural analysis and phytopathological assessment (table 2). RAPD and ISSR primers were also used to distinguish between resistant and susceptible genotypes against fusarium.

In the present study, RAPD (UBC-170550, OPJ-20855, R26091600, A7C417) and ISSR primers (UBC-8251200, UBC-8111250 and ACTG4, UBC-864400, UBC-855500) previously reported to be associated with a disease susceptibility gene against fusarium used to distinguish resistant and susceptible genotypes [12, 6, 10]. The specific fragment expected with the primers used was synthesized only in susceptible genotypes. Thus, 417 n.c. with A7C RAPD primer, 550 n.c. with UBC-170 RAPD primer, 855 n.c. with OPJ-20 RAPD primer,

600 n.c. with R26091 RAPD primer attached to H2 locus. length fragment was synthesized. UBC-825 ISSR primer 1200 n.c., UBC 864 primer 400 n.c., UBC-855 primer 500 n.c., and UBC 811 primer 1250 n.c. in susceptible and moderately susceptible genotypes. gave a clause in length. These fragments were not observed in resistant and highly resistant accessions. (Figures 1, 2 and 3).

Using RAPD and ISSR primers, 44 points were synthesized for 65 chickpea samples, of which 38 points (86.3%) were polymorphic (table 3). On average, a total of 4.9 points were recorded with each primer, of which 3.3 points were polymorphic. The highest polymorphism was recorded with primer UBC-825, UBC-811 and A7C (100%), and the weakest polymorphism was recorded with primer R2609 (75%). The highest value of GMI was calculated with primer UBC 825 (GMI=0.95), and the lowest value was calculated with UBC 855 (GMI=0.33).

Table 2

The name of the samples used in the study and resistance to Fusarium

Specimen name	Fusarium Continuity	Specimen name	Fusarium Continuity	Specimen name	Fusarium Continuity
Flip13-24c	Moderate resistant	Flip13-55c	Resistant	Flip13-81c	High durable
Flip13-26c	Moderate resistant	Flip13-56c	Susceptible	Flip13-83c	Susceptible
Flip13-28c	Resistant	Flip13-57c	Susceptible	Flip13-86c	Susceptible
Flip13-30c	Moderate resistant	Flip13-58c	Resistant	Flip13-89c	Resistant
Flip13-31c	Resistant	Flip13-59c	Resistant	Flip13-93c	Susceptible
Flip13-32c	Susceptible	Flip13-64c	Resistant	Flip13-98c	Resistant
Flip13-33c	Moderate resistant	Flip13-65c	Susceptible	Flip13-102c	Resistant
Flip13-35c	Resistant	Flip13-66c	Susceptible	Flip13-105c	Resistant
Flip13-36c	Resistant	Flip13-67c	Susceptible	Flip13-106c	Resistant
Flip13-39c	Resistant	Flip13-69c	Susceptible	Flip13-108c	Susceptible
Flip13-43c	Resistant	Flip13-72c	Resistant	Flip13-109c	Resistant
Flip13-47c	High durable	Flip13-74c	Resistant	Flip13-120c	Susceptible
Flip13-48c	Susceptible	Flip13-75c	Resistant	Flip13-122c	Moderate susceptible
Flip13-50c	Moderate susceptible	Flip13-76c	Resistant	Flip13-123c	Resistant
Flip13-52c	Resistant	Flip13-78c	Moderate susceptible	Flip13-128c	Resistant
Flip13-53c	Moderate resistant	Flip13-79c	Resistant	Flip13-161c	Resistant
Flip13-54c	Resistant	Flip13-80c	Resistant	Qusar44	Resistant
Flip06-8c	Moderate resistant	Flip 06-161	Moderate resistant	Ağstafa42	Moderate susceptible
Flip06-133c	Moderate susceptible	Flip 05-169c	Moderate resistant	Flip03-22	Susceptible
Flip06-61c	Moderate susceptible	Ordubad 39	Moderate resistant	Bakı30	Moderate resistant
Abşeron34	Moderate resistant	Ordubad 41	Moderate susceptible	Cəlilabad11	Moderate resistant
Flip 06-33c	Moderate susceptible	Qusar 43	Moderate resistant	Nərmin	Moderate susceptible

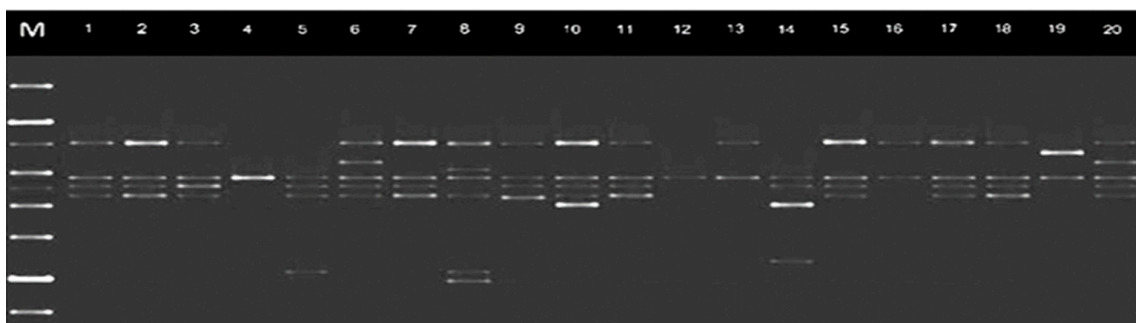


Fig. 1. Distribution of alleles synthesized by primer CS-27 among chickpea genotypes

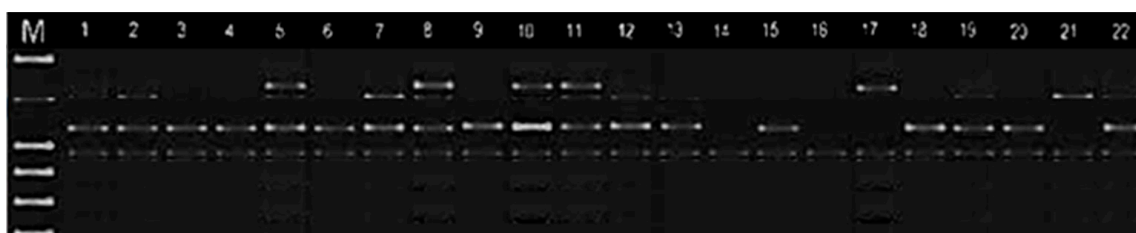


Fig. 2. Distribution of alleles synthesized by primer UBC 170 among chickpea genotypes

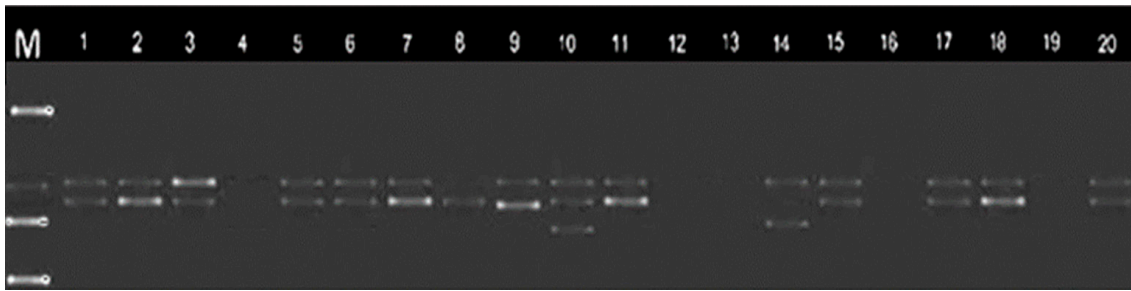


Fig. 3. Distribution of alleles synthesized by primer UBC 811 among chickpea genotypes

Table 3

Name of DNA primers used in the study

Primers	Total number of bands	Number of polymorphic bands	Percentage of polymorphic	Genetic diversity index	PIC	MI
RAPD primers						
UBC 170	5	4	80	0,64	0,31	0,13
OPJ 20	6	5	83,3	0,71	0,14	0,17
A7C ₄₁₇	4	4	100	0,66	0,27	0,07
R2609	4	3	75	0,57	0,25	0,10
ISSR primers						
UBC 811	3	3	100	0,42	0,33	0,12
UBC 825	4	4	100	0,95	0,41	0,18
UBC 864	5	4	80	0,54	0,37	0,09
ACTG 4	6	5	83,3	0,63	0,39	0,11
UBC 855	7	6	85,7	0,57	0,22	0,16
Total	44	38	86,3	0,63	0,45	0,13

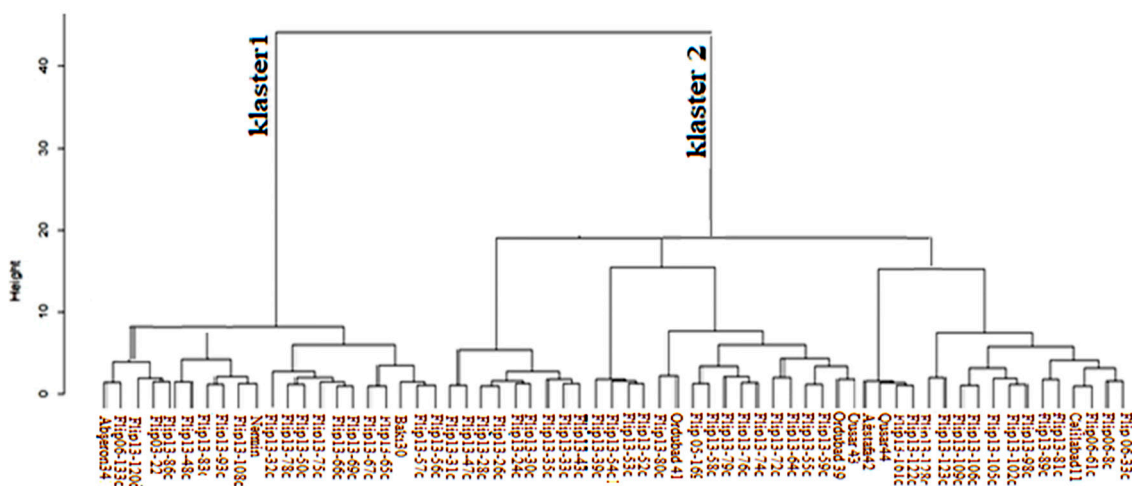


Fig. 4. Grouping of chickpea samples according to resistance to Fusarium disease as a result of RAPD and ISSR markers analysis

For comparison, let's note that in the previous research study, 77 points of which 76 were polymorphic with RAPD primer and 41 points of which 32 were polymorphic with ISSR marker were recorded in 62 pea genotypes [9].

Among the studied genotypes in this study, 86.3% polymorphism was recorded, which is higher than the value noted in previous studies [12]. However, the dendrogram based on the Nei similarity coefficient was only able to distinguish resistant and susceptible genotypes. Moderately resistant genotypes were grouped in separate clusters. Resistant genotypes are grouped in the first cluster. Sensitive genotypes are located in cluster II (Figure 4).

Thus, these primers, which were associated with susceptibility by other researchers, were also associated with susceptibility in our study. Among the studied genotypes in this study, polymorphism was recorded, resistant and susceptible genotypes were identified. However, in the dendrogram obtained as a result of the cluster analysis based on the Nei similarity coefficient, the genotypes were grouped into two main clusters, the first cluster contained susceptible and highly susceptible (22 samples), and the second cluster contained resistant and highly resistant genotypes (43 samples) (Figure 4).

Conclusion

Flip 13-123, Flip 13-28, Flip 13-109, Flip 13-75, Flip 13-79c, Flip 13-80c, Flip 13-161, Flip 13-52, Flip 13-33, Flip 13-35, Genotypes Flip 13-47, Flip 13-54, Gusar 44, Jalilabad 11, Ordubad 39, Ordubad 41, Flip 13-102, Flip 13-105, Flip 13-106 according to the phytopathological assessment carried out in field conditions and the results of molecular analyzes were evaluated as fusarium resistant samples. The information we obtained as a result of the research can be effectively used in the cultivation of disease-resistant chickpea samples.

References

1. Bellemou D., Millian T., Gil J., Abdelguerfa A., Laouar M. Genetic diversity and population structure of Algerian chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes: use of agro-morphological traits and molecular markers linked or not linked to the gene or QTL of interest // *Crop & Pasture Science*. 2020. Vol. 71. P. 155–170.
2. Anonymous. FAO Chickpea Production Data. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
3. Sahu V.K., Tiwari S., Tripathi M.K., Gupta N., Tomar R.S., Yasin M. Morpho-physiological and biochemical traits analysis for Fusarium wilt disease using gene-based markers in desi and Kabuli genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) // *Indian J Genet*. 2020. Vol. 80. P. 16.
4. Salotti I., Rossi V. A mechanistic weather-driven model for *Ascochyta rabiei* infection and disease development in chickpea. *Plants*. 2021. Vol. 10. No. 3. P. 464. <https://doi.org/10.3390/plants10030464>
5. Tadesse M., Turoop L., Ojiewo C.O. Survey of chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Ascochyta* Blight (*Ascochyta rabiei* Pass.) disease status in production regions of Ethiopia. *Plant*. 2017. Vol. 5. No. 1. P.23-30. DOI: 10.11648/j.plant.20170501.15.
6. Rana L., Kumari Sh., Khare N., Saxena R.R. Source of resistance to chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Fusarium* wilt (*Fusarium Oxysporum* F. Sp. *Ciceris*) under field conditions in Chhattisgarh // *The Pharma Innovation Journal*. 2023. Vol. 12. No. 9. P. 2396-2399.
7. Srivastava A.K., Dixit G.P., Dixit G.P., Singh N.P., Saxena D.R., Saabale P.R., et al. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) // *Accessions for Fusarium Wilt Resistance*. *Jeb*. 2021. Vol. 42. No. 1. P. 82-89.
8. De Giovanni C., Pavan S., Taranto F., Di Rienzo V., Mizzi M.M., Marcotrigiano A.R., Mangini G., Montemurro C., Ricciardi L., Lotti C. Genetic Variation of a Global Germplasm Collection of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Including Italian Accessions at Risk of Genetic Erosion // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2017. Vol. 23. No. 1. P. 197-205.
9. Hasanova S., Akparov Z., Mammadov A., Amirov L., Babayeva S., Nasibova J., Mukhtarova Z., Shikhaliyeva K., Izzatullayeva V., Abbasov M. Genetic Diversity Of Chickpea Genotypes As Revealed By Issr And Rapd Markers // *Genetika*, 2017. Vol. 49. No. 2. P. 415-423.
10. Tullu A., Kaiser W.J., Kraft J.M., Muehlbauer F.J. A second gene for resistance torace 4 of *Fusarium* wilt in chickpea and linkage with a RAPD marker // *Euphytica* 1999. Vol. 109. P.43-50.
11. Yadav R.K., Tripathi M.K., Tiwari S., Tripathi N., Asati R., Patel V., Sikarwar R.S., Payasi D.K. Breeding and Genomic Approaches towards Development of *Fusarium* Wilt Resistance in Chickpea // *Life*. 2023. Vol. 13. P. 988. DOI: 10.3390/life13040988.
12. Babayeva S.M., Nasibova J.A., Akparov Z.I., Shikhaliyeva K.B., Mammadova A.D., Izzatullayeva V.I., Abbasov M.A. Application of DNA markers in determination of fusarium resistance and genetic diversity in chickpea // *Legume Research-An International Journal*. 2018. Vol. 41. P. 537-542. DOI: 10.18805/LR-407.

УДК 612.1-07-053

**ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ СКОРОСТИ
КЛУБОЧКОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ОТ ВОЗРАСТА ПАЦИЕНТА****Попова М.Г., Лущик М.В., Дугушева В.А.***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»,
Воронеж, e-mail: maria_062003@icloud.com*

Публикация посвящена почечной недостаточности, которая может приводить к инвалидизации и даже стать причиной смерти. Прогрессирующая почечная недостаточность приводит часто к необратимым изменениям в организме человека, однако, при применении поддерживающей терапии можно задерживать прогрессирование заболевания и добиться длительной ремиссии. Отсутствие лечения и наблюдения может привести к ургентным состояниям. Целью работы стало установление взаимосвязи между возрастом пациента и прогрессированием почечной недостаточности. В статье отражены данные о строении мочевыделительной системы, ее функциях, раскрыты понятия острая почечная недостаточность (ОПН) и хроническая болезнь почек (ХБП), описаны изменения на ее стадиях. Проведено исследование на основе биохимического анализа крови пациентов амбулаторного наблюдения, как мужчин, так и женщин с различными основными диагнозами в анамнезе. Оценен показатель уровня креатинина для вычисления скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле СКД-ЕРІ. На основе данных анализов и расчетов была составлена сводная таблица исследуемых с определением стадии хронической болезни почек. Установлено, что скорость клубочковой фильтрации снижается с возрастом. У людей старческого возраста наблюдалось максимальное угасание процессов ультрафильтрации.

Ключевые слова: СКФ, почки, хроническая болезнь почек, креатинин, мочевыделительная система, острая почечная недостаточность, выведение, фильтрация

**DEPENDENCE OF THE GLOMERULAR FILTRATION
RATE LEVEL ON THE PATIENT'S AGE****Popova M.G., Luschik M.V., Dugusheva V.A.***Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh,
e-mail: maria_062003@icloud.com*

The publication is dedicated to kidney failure, which can lead to disability and even cause death. Progressive renal failure often leads to irreversible changes in the human body, however, with the use of maintenance therapy, it is possible to delay the progression of the disease and achieve long-term remission. Lack of treatment and supervision can lead to urgent conditions. The aim of the work was to establish the relationship between the patient's age and the progression of renal failure. The article reflects data on the structure of the urinary system, its functions, reveals the concepts of acute renal failure (ARF) and chronic kidney disease (CKD), describes changes in its stages. The study was conducted on the basis of biochemical blood analysis of outpatient patients, both men and women with a history of various major diagnoses. The creatinine level index for calculating the glomerular filtration rate (GFR) according to the CKD-EPI formula was evaluated. Based on these analyses and calculations, a summary table of the subjects was compiled with the determination of the stage of chronic kidney disease. It was found that the glomerular filtration rate decreases with age. In elderly people, the maximum extinction of ultrafiltration processes was observed.

Keywords: GFR, kidneys, chronic kidney disease, creatinine, urinary system, acute renal failure, excretion, filtration

По данным статистики, в нашей стране понижение функции почек выявлено у 36% лиц в возрасте старше 60 лет и у 16% лиц трудоспособного возраста [1]. У пациентов в возрасте 70–85 лет частота развития уремии (терминальной почечной недостаточности) в 3 раза выше по сравнению с 50–60-летними, при этом почти 25% больных, получающих диализную терапию, старше 80 лет [1]. С каждым годом увеличивается количество умерших от запущенных стадий нефропатии и осложнений. Поэтому изучение данной темы является актуальной для любого человека.

Цель исследования – проследить за изменениями скорости клубочковой фильтрации у пациентов в зависимости от возраста на основе анализа уровня эндогенного креатинина.

Материалы и методы исследования

Теоретический обзор научных публикаций по вопросам, связанных с развитием хронической болезни почек, обработка анализов венозной крови пациентов с различными патологиями разного возраста и пола. Научная работа проводилась на базе Липец-

кой городской поликлиники №7 методом отбора и обобщения информации, расчёта скорости клубочковой фильтрации, составления сравнительной таблицы СКФ по креатинину в зависимости от возраста.

Результаты исследования и их обсуждение

Мочевыделительная система – комплекс органов, которые обеспечивают образование и выведение мочи. К ней относятся: почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал (уретра). Функциями мочевыделительной системы являются: выделительная (выведение воды и избыток минеральных веществ), гомеостатическая (поддержание постоянства внутренней среды), регуляция КОС, осмотического давления, АД, синтез эритропоэтина (регуляция гемопоэза), активация витамина D.

Почки-парный орган мочевыделительной системы, располагающиеся в поясничной области (в забрюшинном пространстве), по форме напоминающий фасолину размером с кулак. Они выполняют множество жизненно важных функций в организме. Правая почка физиологически ниже левой. У мужчин располагаются несколько выше, чем у женщин, а у детей ниже взрослых, но к 10 годам достигают уровня нормы. Масса почек взрослого человека составляет около 120-200 грамм (~1% от массы тела каждая). Перекачивая сотни литров крови через себя, они испытывают мощную нагрузку ежедневно, что может привести к расстройству их работы. Почки удаляют излишки воды и токсические вещества, возвращая обратно в кровоток питательные вещества и электролиты (натрий, калий, кальций и хлор). Самыми распространенными заболеваниями мочевыделительной системы являются: пиелонефрит, острая и хроническая почечная недостаточность, гломерулонефрит, мочекаменная болезнь.

В строении почки выделяют: корковое вещество (по периферии и между почечными столбами) и мозговое (по центру) – почечные пирамиды. Нефрон – структурно-функциональная единица почки. Состоит из капиллярного клубочка, окруженного капсулой Шумлянского-Боумана, канальцев (проксимальный извитой, петля Генле, дистальный извитой), которые переходят в собирательную трубочку. В нефроне после процесса клубочковой фильтрации образуется первичная моча, в которой содержатся важные и полезные для человека вещества: витамины, минеральные вещества, аминокислоты. Эти вещества необходимо вернуть обратно в организм, для этого происходит канальцевая реабсорбция – обрат-

ное всасывание воды и растворенных в ней веществ из первичной мочи с образованием вторичной, которая и переходит в следующий этап – секрецию. Основными функциями почки являются азотовыделительная и осмолуоморегулирующая. Эти две функции называются экскреторными, их нарушения проявляются гиперозотемией, уремией, отеками и «мочевым синдромом». Еще одной функцией является регуляторная или экстраренальная. В нее входят регуляция артериального давления, объема циркулирующей крови, pH крови, гормонального баланса, ионного обмена, системы гемостаза.

В настоящее время наибольшее распространение получило пятисегментное строение почки. Выделяют верхний сегмент, верхний передний, нижний передний, нижний и задний сегменты. Под сегментом подразумевают участок вещества почки, который обеспечивает кровью сегментарная артерия. Пять этих артерий определяют наличие пяти сегментов почки [2].

Каждая почка соединена посредством мочеточника с мочевым пузырем, в котором хранится моча до тех пор, пока не поступит сигнал сокращения к мышцам пузыря, а расслабления к мочеиспускательному каналу, таким образом происходит процесс изгнания мочи.

Средний объем мочевого пузыря у мужчин составляет 350-750 мл, у женщин – 250-550 мл. Его размер зависит от пола, возраста, комплекции, индивидуальных особенностей человека, а максимальное наполнение – от количества поступившей в организм жидкости. От мочевого пузыря отходит мочеиспускательный канал, по которому моча выходит из организма. У женщин уретра короткая (~4 см) и широкая, что обуславливает хорошее проникновение патогенных возбудителей мочеполювых инфекций (уретрит – воспаление мочеиспускательного канала, цистит – воспаление мочевого пузыря, пиелонефрит – воспаление почки), у мужчин же мочеиспускательный канал узкий и длинный, служащий для выведения мочи и семенной жидкости.

Состояние клубочковой фильтрации зависит от количества действующих нефронов и проницаемости базальной мембраны. Скорость фильтрации можно определить с помощью креатинина крови, используя различные формулы расчета (Кокрофт-Голта, MDRD, СКД-EPIcre (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration Creatinine)) и онлайн-калькуляторы, в которых отмечается пол, креатинин плазмы, возраст, раса [3].

Лабораторная диагностика наиболее доступна и широко применяется для выявления заболеваний мочевыделительной

системы [4]. Патология почек характеризуется некоторыми важными особенностями: высоким уровнем заболеваемости (у детей обычно выявляются врожденные патологии, у взрослого населения – приобретенные), затяжным характером течения, низкой эффективностью терапии, частотой утраты трудоспособности у рабочего населения, высокой летальностью.

Острая почечная недостаточность – это внезапное (в течение нескольких часов или дней) угасание функций почек, одним из основных критериев которой является понижение клубочковой фильтрации. Хроническая болезнь почек – стойкие нарушения функции почек, характеризующиеся снижением скорости клубочковой фильтрации <60 мл/мин/1,73 м² в течение трех и более месяцев [5]. Данная патология характеризуется стадийностью и обычно протекает бессимптомно до более поздних стадий, часто является сопутствующим заболеванием при основном диагнозе, но в тоже время наличие и тяжесть течения болезни часто играет определяющую роль в исходе основного (сахарный диабет, артериальная гипертензия, хронический гломерулонефрит). По данным статистики в основном проявляется у лиц зрелого и старческого возраста. ХБП объединяет в себе пациентов с выявленными признаками повреждения почек (изменения в общем анализе мочи – протеинурия и результатов ультразвукового исследования почек), а также снижение скорости клубочковой фильтрации.

Хроническая болезнь почек может быть вызвана многими причинами, среди которых наиболее распространенными являются – длительный прием некоторых лекарственных средств (антибиотиков, нестероидных противовоспалительных средств), нарушения обмена веществ (метаболический синдром, ожирение), артериальная гипертензия, сахарный диабет, хронические воспалительные процессы в организме человека. Патогенез хронической почечной недостаточности: прогрессирующее понижение функций почек, а именно фильтрации, секреции и реабсорбции. Это происходит из-за гибели нейронов и замещения их соединительной тканью, следовательно развивается нефросклероз, что мешает нормальному функционированию мочевыделительной системы.

В развитии ХБП выделяют 5 стадий:

1 стадия(СКФ >90 мл/мин/1,73 м²) – нормальная клубочковая фильтрация

2 стадия(СКФ 60-90 мл/мин/1,73 м²) – признаки нефропатии, легкое снижение клубочковой фильтрации

3А стадия(СКФ 45-59 мл/мин/1,73 м²) – умеренное снижение СКФ

3Б стадия (СКФ 30-44 мл/мин/1,73 м²) – выраженное снижение клубочковой фильтрации

4 стадия(СКФ 15-29 мл/мин/1,73 м²) – тяжелое снижение СКФ

5 стадия(СКФ <15 мл/мин/1,73 м²) – терминальная хроническая почечная недостаточность (уремия – синдром аутоинтоксикации организма продуктами метаболизма и соединениями, которые в норме выводятся почками). Часто завершается почечной комой, характеризующаяся угнетением функций нервной системы, потерей сознания, отсутствием рефлексов и расстройством функций всех органов и систем.

Стадии болезни многие авторы связывают с повышенным риском сердечно-сосудистой недостаточности, преждевременной смертью больного и снижением его качества жизни.

Основной трудностью в диагностике ХБП при первичном осмотре пациента является необходимость наблюдения в динамике (не менее трех месяцев) [5].

С целью установления зависимости СКФ от возраста и пола нами проведен биохимический анализ крови больных. Всего обследовано 13 пациентов амбулаторного наблюдения ГУЗ «Липецкой городской поликлиники №7» (6 человек женского пола и 7 мужского), возраст которых от 20 до 99 лет.

Нами установлено, что у всех пациентов в анамнезе имеется ряд заболеваний. Произведен расчет скорости клубочковой фильтрации по формуле СКД-ЕРІ.

По данным анализов и расчетов была составлена сводная таблица.

В ходе анализа составленной таблицы было выявлено, что у больных от 20 лет до 51 года диагностирована ХБП 2 стадии, у обследовавшийся от 62 до 71 года определяется ХБП 3А стадия, от 72 до 76 лет выявляется 3Б стадия, от 85 до 99 лет – 4 стадия.

Известно, что в инволютивном и старческом возрасте на фоне уменьшения размеров почек, объём чашечно-лоханочной системы увеличивается. Это связано как с изменениями строения самой стенки, так и с расширением лоханки в связи с затруднением оттока мочи у людей данного возраста (чаще встречается у лиц мужского пола) [6].

У людей пожилого и старческого возраста 1-е место занимают сосудистые поражения почек. Частота нефроангиосклероза нарастает с каждым годом жизни, особенно у женщин. Старческий нефроангиосклероз – следствие возрастных изменений сосудов почек, заканчивающийся их склерозом.

Сравнительная таблица СКФ по СКД-ЕРІ

	Год рождения	Пол	Креатинин, мкмоль/л	СКФ, Мл/мин/1,73 м ²	Патология	Патология по СКФ
ПАЦИЕНТ 1	2003 (20 лет)	Жен	92.0	78.8	Острый цистит	ХБП 2
ПАЦИЕНТ 2	1987 (36 лет)	Жен	95.0	68.7	—	ХБП 2
ПАЦИЕНТ 3	1985 (38 лет)	Муж	103.3	82	Хронический панкреатит	ХБП 2
ПАЦИЕНТ 4	1982 (41 год)	Муж	97.3	86.4	—	ХБП 2
ПАЦИЕНТ 5	1974 (49 лет)	Муж	119.3	64.4	Злокачественное новообразование предстательной железы	ХБП 2
ПАЦИЕНТ 6	1972 (51 год)	Жен	91.3	65.6	Инфаркт мозга	ХБП 2
ПАЦИЕНТ 7	1961 (62 года)	Муж	124.8	56.3	Злокачественное новообразование кардии	ХБП 3А
ПАЦИЕНТ 8	1952 (71 год)	Муж	134.9	48.5	Злокачественное новообразование почки	ХБП 3А
ПАЦИЕНТ 9	1951 (72 года)	Муж	163.3	38.3	Фибрилляция предсердий	ХБП 3Б
ПАЦИЕНТ 10	1947 (76 лет)	Жен	114.7	42.7	Первичный гонартроз	ХБП 3Б
ПАЦИЕНТ 11	1938 (85 лет)	Жен	148.5	29.6	Хроническая болезнь почек, 4 стадия	ХБП 4
ПАЦИЕНТ 12	1932 (91 год)	Муж	181.7	29.9	Гастрит	ХБП 4
ПАЦИЕНТ 13	1924 (99 лет)	Жен	156.5	25.5	Гипертензивная болезнь	ХБП 4

Постепенно нарастает гибель почечных нефронов, сопровождающаяся уменьшением массы действующих нефронов и как следствие – снижением функций почек. В конечном счете развивается первично-сморщенная почка, что клинически проявляется почечной недостаточностью (ПН) [7]. У больных пожилого и старческого возраста прослеживается тенденция к малосимптомному и латентному течению ПН, это затрудняет распознавание не только ее хронической, но и острой формы.

Вывод

На основе проведенного исследования биохимического анализа венозной крови и расчета скорости клубочковой фильтрации по формуле СКД-ЕРІ можно сделать вывод, что скорость клубочковой фильтрации с возрастом понижается, это выражается от нормального значения в детском возрасте до хронической почечной недостаточности в старческом.

Список литературы

1. Руденко Т.Е., Бобкова И.Н., Камышова Е.С., Ставровская Е.В. Старческая астения и хроническая болезнь почек – реальная проблема современной нефрологии // Терапевтический архив. 2023. № 6. С. 516-520.
2. Кафаров Э.С., Зенин О.К. Новая концепция зонального и сегментарного строения почки человека // Морфологические ведомости. 2022. № 3. С. 56-65.
3. Ноздричева А.С., Лысенко И.Б., Гуськова Н.К., Коновальчик М.А., Маслов А.А., Шалашная Е.В. Динамика уровня скорости клубочковой фильтрации у пациентов с диффузной В-крупноклеточной лимфомой на этапе индукционной иммунополихимиотерапии // Онкогематология. 2023. № 3. С. 78-83.
4. Мудраковская Э.В., Горелик С.Г., Колпакова Н.А. Трудности диагностики пиелонефрита в пожилом и старческом возрасте // Вестник новых медицинских технологий. 2013. № 1. URL: <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/20495> (дата обращения: 15.11.2023).
5. Шутов А.М., Ефремова Е.В., Мензоров М.В. Почечный континуум: Проблемы классификации // Ульяновский медико-биологический журнал. 2023. № 1. С. 43-49.
6. Стабредов А.В., Шумайлова Т.М. Изменение параметров больших почечных чашечек почек человека в процессе инволюции по данным мультиспирального компьютерного томографического исследования // Вестник новых медицинских технологий. 2012. №2. С. 234-236.
7. Селиванов А. Урологическая патология в пожилом и старческом возрасте // Врач. 2015. № 6. С. 16-18.

УДК 611.818:616-005.4-008

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА

Мустафаева Е.Т., Пешерев В.А., Макеева А.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»,
Воронеж, e-mail: mustafayeva.yeva@bk.ru

В статье авторами рассмотрена автоматическая система дыхания, а именно та ее часть, которая способна осуществлять протекание дыхательных процессов без непосредственного и детального контроля и управления со стороны вышестоящих по иерархии подсистем. Данная система содержит основные звенья, а также регулирующие механизмы, локализованные в продолговатом мозге. Функциональная гетерогенность структур вентральных отделов продолговатого мозга является основой для реализации разнонаправленных эффектов. Существует ряд факторов, вызывающих повреждение дыхательного центра. Ими могут быть последствия влияния ишемических, химических, механических и биологических факторов. Многие непременно сопряжены с гипоксией, которая выступает обязательным условием развития патологического дыхания. В этой связи, важную роль играет кровоснабжение мозга и, прежде всего, отдела продолговатого мозга, где расположен дыхательный центр. Также свое действие могут оказывать различные концентрации CO_2 . Проведя анализ литературных данных, авторами показано, что механические повреждения при черепно-мозговой травме, взаимосвязаны со структурными изменениями в легких, также, у пострадавших с преимущественным стволовым уровнем поражения головного мозга, в отличие от преимущественного корково-полушарного уровня повреждения, в посттравматическом периоде значительно чаще развиваются легочные осложнения. Дыхательный центр восприимчив к вирусным факторам, таким как коронавирус 2019-nCoV. Вирус способен оказывать опосредованное воздействие и на мотонейроны, иннервирующие дыхательную мускулатуру. В статье описаны различные механизмы повреждения, которые имеют схожие черты в своих последствиях.

Ключевые слова: гипоксия, головной мозг, ишемия, дыхательный центр, нейроны, продолговатый мозг, вирус COVID-19, черепно-мозговая травма, острый респираторный дистресс-синдром

CONSEQUENCES OF DAMAGE TO THE RESPIRATORY CENTER OF VARIOUS GENESIS

Mustafayeva E.T., Pesherev V.A., Makeeva A.V.

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh,
e-mail: mustafayeva.yeva@bk.ru

In this article, the authors consider the automatic breathing system, namely the part of it that is able to carry out the flow of respiratory processes without direct and detailed control and management by subsystems higher in the hierarchy. It contains the main links, as well as regulatory mechanisms localized in the medulla oblongata. Functional heterogeneity of the structures of the ventral parts of the medulla oblongata is the basis for the realization of multidirectional effects. There are a number of factors that cause damage to the respiratory center. These may be the consequences of the influence of ischemic, chemical, mechanical and biological factors. Many are necessarily associated with hypoxia, which is a prerequisite for the development of pathological breathing. In this regard, an important role is played by the blood supply to the brain and, above all, the medulla oblongata, where the respiratory center is located. Also, different concentrations of CO_2 can have their effect. Considering mechanical damage in traumatic brain injury, structural changes in the lungs are noted; also, in victims with a predominant stem level of brain damage, in contrast to the predominant cortical-hemispheric level of damage, pulmonary complications develop much more often in the post-traumatic period. The respiratory center is susceptible to viral factors such as coronavirus 2019-nCoV. The virus is able to have an indirect effect on the motor neurons innervating the respiratory muscles. The mechanisms of damage are different, but they have similar features in their consequences.

Keywords: hypoxia, brain, ischemia, respiratory center, neurons, medulla oblongata, COVID-19 virus, traumatic brain injury, acute respiratory distress syndrome

Дыхание обеспечивает поддержание нормального уровня газового состава крови и наиболее важных показателей. К таковым относят парциальное давления кислорода и углекислого газа артериальной крови. В тесной связи с этими показателями находится концентрация водородных ионов, которые определяют уровень pH . Нормальное протекание процессов тканевого и внешнего дыхания в различных условиях среды поддерживается с помощью нервных регуля-

торных механизмов, входящих в состав дыхательной системы. Эти механизмы обеспечивают поступление афферентной импульсации, ее переработку в соответствующем центре и ответ в виде эффекторных воздействий. Именно центральный нервный аппарат объединяет отдельные части дыхательной системы в единую функциональную систему. Центральный аппарат представляет собой сложную систему, включающую фрагменты спинного мозга, продолговатого

мозга и отделы коры больших полушарий мозга. Стоит отметить, что для полноценного функционирования дыхательного центра необходимы проводники, особые нервные клетки – дыхательные нейроны, благодаря которым реализуются все многообразие изменений дыхания на разных его этапах. Сегодня выделяют несколько групп специализированных классов нейронов однотипных по функции. Дорсальная и вентральная дыхательная группа, комплекс Бетцингера, комплекс пре-Бетцингера и мостовая дыхательная группа нейронов [1, с. 138].

Весь дыхательный цикл включает две фазы: вдоха и выдоха. И реализуется непосредственно в 4 такта. Каждый такт во времени занимает примерно половину фазы. В начале первого такта отмечают нарастание альвеолярного и внутриплеврального давления, а также объема легких, что сопровождается увеличением скорости потока воздуха. Затем идет второй такт, включающий в себя значительное увеличение альвеолярного и внутриплеврального давления вместе с увеличением легких при значительном уменьшении скорости потока воздуха. Третий такт сопровождается резким возрастанием альвеолярного и внутриплеврального давления в сочетании с падением скорости потока воздуха и уменьшения объема легких. Завершающий такт предполагает полное возвращение к исходным величинам альвеолярного и внутриплеврального давления, объема легких и скорости потока воздуха [2, с. 32].

Генерация дыхательного ритма осуществляется в структурах продолговатого мозга и реализуется благодаря реципрокным взаимосвязям между нейронами инспираторной и экспираторной групп. Важно сказать, что дыхательный ритм формируется в результате взаимодействия между функционально различными группами нейронов дыхательной системы. Проанализировав импульсную активность нейронов дыхательного центра, было выявлено, что импульсация преобладающей части дыхательных нейронов начинается преимущественно в начале вдоха, а заканчивается на разных этапах дыхательного цикла. Именно непрерывно усиливающаяся активность инспираторных нейронов генерирует необходимый уровень объемной скорости воздушного потока в системе дыхания. Следует иметь в виду тот факт, что в дыхательном центре активность нейронов ни на секунду не останавливается. То есть происходит последовательное циклическое возбуждение одних и торможение других групп нейронов [3, с. 27].

Под воздействием различных факторов на дыхательный центр, может возникать либо возбуждение определенной совокуп-

ности дыхательных нейронов, либо их торможение, изменяя при этом динамику системы в целом. Это может проявляться в виде усиления активности системы дыхания или же приводить к преходящему нарушению и кратковременному или полному прекращению ее ритмической деятельности.

Цель исследования – на основании данных литературы оценить характер влияния различных факторов, вызывающих нарушения, изменения и повреждения дыхательного центра.

Материалы и методы исследования

Проведен анализ литературных данных, охватывающих информацию о влиянии факторов различного генеза, которые могут выступать условием развития патологического дыхания и патологических явлений в дыхательном центре.

Результаты исследования и их обсуждение

Различные классы дыхательных нейронов получают волны периодического возбуждения и торможения, которые создаются посредством фазической передачи в синапсах. Отмечают влияние возбуждающих и тормозных эндогенных аминокислот, являющихся нейрхимической основой этих быстрых мембранных процессов. Таким образом возбуждающие аминокислоты, действуя через N-метил-D-аспаратные рецепторы на уровне продолговатого мозга, стимулируют в генерацию дыхательного ритма и участвуют в механизмах переключения фаз дыхательного цикла.

К тормозным аминокислотам, подавляющим передачу между дыхательными нейронами, относят гамма-аминомасляную кислоту и глицин. Выделяются они в определенной последовательности и формируют ритмическую деятельность дыхательных нейронов. Глицин, воздействуя на определенные рецепторы, реализует функцию быстрого выключения фазы вдоха и выдоха. Происходит это действие через ранние экспираторные нейроны для вдоха и через ранние инспираторные для выдоха. Тормозные синаптические влияния на дыхательные нейроны реализуются при участии ГАМК-рецепторов, сопряженных с хлорными каналами мембран клеток. Эта аминокислота пролонгирует течение вдоха и выдоха до их окончания. Вдох через поздние инспираторные и выдох через поздние экспираторные нейроны [4, с. 115-119]. Корреляционный анализ показал зависимость силы дыхательных мышц и активности дыхательного центра от функциональных характеристик системы дыхания — величины и изменения

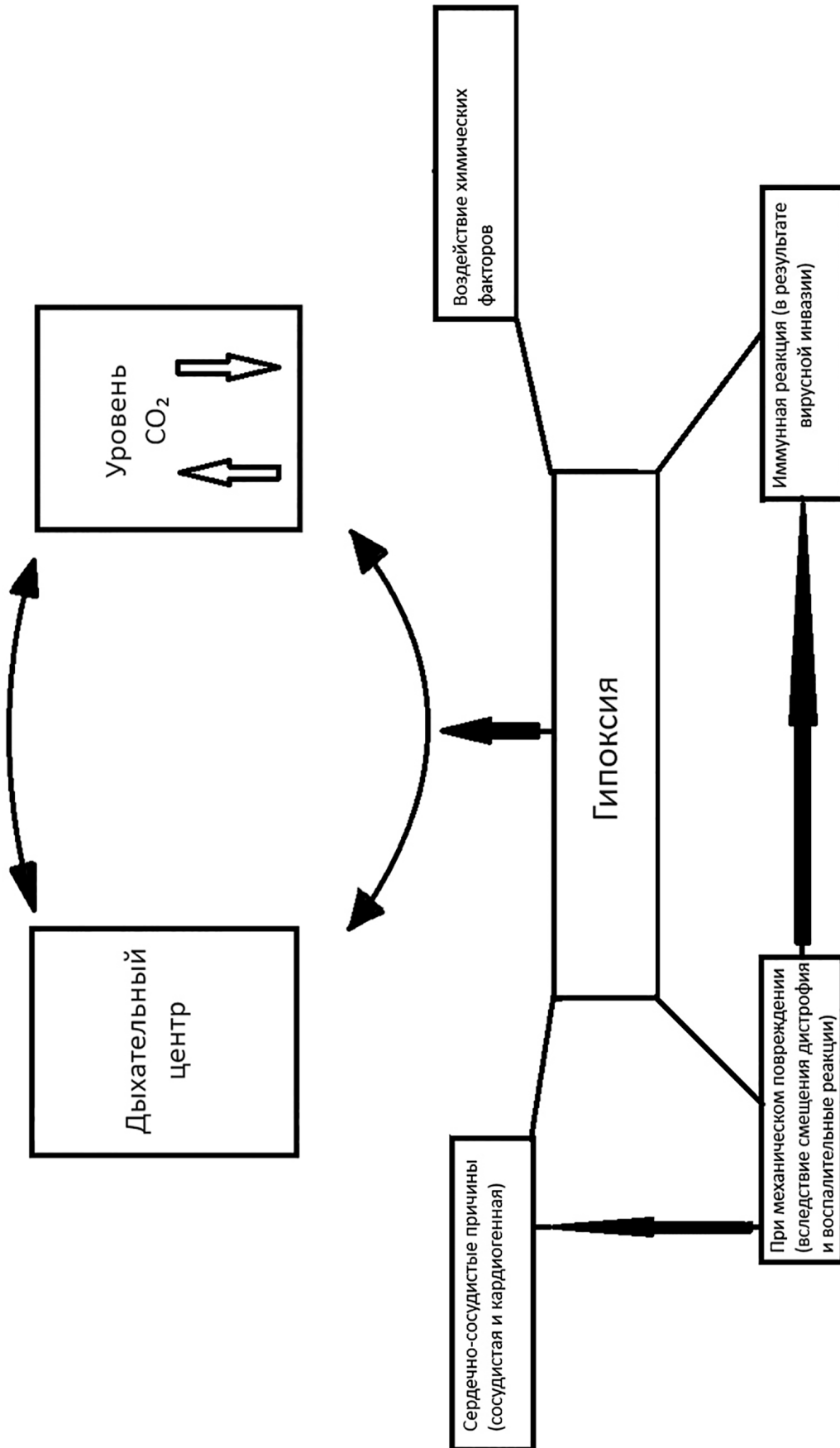
соотношений легочных объемов, состояния проходимости дыхательных путей и легочного газообмена [5, с. 36; 6, с. 46; 7, с. 1].

Любое повреждение дыхательного центра неминуемо приведет к гипоксии. Она может являться как следствием, так и условием для развития патологического дыхания. Регистрируются случаи остановки дыхания во сне вследствие развития obstructивного апноэ. Это наталкивает на поиск механизмов, приводящих к данному нарушению. Во время сна изменяется тонус ретикулярной формации мозга, а, следовательно, и уровень восприятия и обработки сигналов вследствие формирования новых нейромедиаторных взаимоотношений клеток в центральной нервной системе. В связи с этим особое внимание привлекают группы нейронов вентральных отделов ствола головного мозга. Отмечается, что на поверхности этих областей ствола мозга расположены рецепторные структуры, реагирующие в большей степени на сдвиги концентрации водородных ионов и изменение содержания углекислого газа во внутренней среде организма.

Чтобы подробнее осветить механизм воздействия эндогенных веществ на дыхательный центр, следует проанализировать ультраструктурные особенности строения вентральных отделов ствола головного мозга. Вблизи стенки микрососуда располагается большое количество аксонов и митохондрий, которые располагаются в цитоплазме нейронов, глиальных клеток, аксоплазме. Расстояние от микрососуда до аксонов и митохондрий составляет примерно несколько микрон. Следовательно, процесс диффузии кислорода из крови в структуры мозга или, наоборот, углекислого газа из тканей мозга в кровь происходит за считанные секунды или даже миллисекунды. В другом участке вентрального отдела ствола были получены следующие данные микроскопического исследования. Между стенкой капилляра и ядром астроцита в цитоплазме отчетливо различимы цистерны эндоплазматического ретикулума и митохондрия. Так же замечали скопления аксонов с тонкой характерной миелиновой оболочкой. Помимо этого, при рассмотрении отдельные аксоны распределялись по всему полю зрения, в том числе и вблизи стенки микрососуда, что было отмечено ранее. Такое расположение нейрональных и глиальных структур типично для ткани головного мозга и служит необходимым условием, чтобы иметь возможность предотвратить возникновение ситуаций, сопровождающихся гипоксией и ишемией ткани мозга при недостатке во внутренней среде орга-

низма кислорода. В области вентральных отделов ствола мозга располагаются хемочувствительные ультраструктуры, способствующие оптимизации процесса восприятия возросшего количества водородных ионов и молекул углекислого газа в условиях гипоксии или гиперкапнии. Миелинизированные отростки нервных клеток, располагающиеся вблизи микрососудов, выполняют функции межнейронной интеграции в данной области мозга и способны передавать информацию от хеморецепторных ультраструктурных элементов к нейронам витальных центров. Интересен тот факт, что по ходу ствола головного мозга тянутся ликворопроводящие пути к спинному мозгу и это важно для хемосенсорных элементов этих отделов мозга. Они в свою очередь способны выполнять интегративные функции, воспринимая напряжение углекислого газа, содержание водородных ионов и кислорода в ликворе, тканях мозга и вблизи микрососудов. Но самую достоверную информацию о недостатке кислорода во внутренней среде организма витальные центры мозга получают от сосудистых хеморецепторов, рецепторов каротидного тельца. На уровне вентральных отделов ствола мозга информация в виде импульсов сопоставляется с активной сигнализацией от центральных хеморецепторов. Данные рецепторы в процессе эволюции постепенно повышали чувствительность к изменениям уровня углекислого газа и концентрации протонов водорода, а они являются теми раздражителями, интенсивность которых определяется процессами непосредственно на уровне ткани мозга. Стоит отметить, что рядом с вентральной поверхностью продолговатого мозга уровень карбоангидразы значительно высок. Этот фермент определяет уровень водородных ионов и CO_2 в тканях организма. У водород-ионов есть тоже интересная особенность, заключающаяся в туннелировании их в живых клетках, что определяет стремительность передачи информации о сдвиге концентрации этих ионов в тканях [8, с. 56-59].

Нельзя не отметить действие ишемических факторов в развитии гипоксии. Это так называемая циркуляторная гипоксия, сопровождающаяся нарушением доставки кислорода к тканям и снижением парциального давления кислорода в условиях его нормального содержания в крови. Одним из видов циркуляторной гипоксии является сосудистая форма. Данная форма развивается при патологии сосудистого русла или нарушении ее проходимости. Такое возможно при развитии атеросклероза, коарктации артерий, тромбозе.



Комплексное влияние поражающих факторов на дыхательный центр

Еще одним видом является кардиогенная гипоксия, возникающая при неспособности сердца перекачивать и доставлять органам необходимое количество кислорода. Эта форма ярко проявляется при врожденных или приобретенных пороках сердца и его клапанов, различных формах аритмии и при повышенном сосудистом сопротивлении току крови (рисунок) [9, с. 48; 10, с. 89]. Так или иначе любая из форм циркуляторной гипоксии является следствием ишемии тканей головного мозга, которая представляет собой патофизиологический процесс, включающий развитие гипозергоза с нарушением активного транспорта необходимых ионов через мембраны, отклонения в функции медиаторов возбуждения и торможения в структурах мозга, возрастание уровня ионизированного кальция. В результате церебральной ишемии возникает острый недостаток поступления кислорода к мозгу, угнетение аэробного пути утилизации глюкозы и замена его на гликолиз. Так же снижается синтез энергии и изменяется кислотно-основное состояние. Развивающийся ацидоз способствует дальнейшему угнетению метаболических процессов с образованием клеточного отека. Изменяется проницаемость мембран нейронов и их физико-химические свойства за счет цитотоксического действия. Весь процесс усугубляется активацией свободнорадикального окисления. Совокупность этих патологических реакций, возникших на фоне гипоксии, приводит к смерти головного мозга [11, с. 363]. В свою очередь, одним из важнейших является поражение дыхательного центра под действием биологического фактора, к которому можно отнести взаимодействие с вирусными частицами. Это явление было хорошо исследовано в связи с эпидемией COVID-19. Большое количество клинических исследований говорят о соответствующая инфекция сопровождается прямым или косвенным поражением головного мозга, в том числе и дыхательного центра, в дополнение к острым респираторным синдромам.

Проникновение вируса в клетки происходит главным образом в связи с клеточным рецептором ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2), белком, экспрессируемым совместно с мембрано-связанной сериновой протеазой 2 в эндотелиальных клетках всего организма. Наибольшее содержание рецептора ACE2 наблюдается в эпителии легких, тонкого кишечника, почек и сердца. Высокая концентрация также была найдена в коре головного мозга и миндалевидном теле. Наиболее высокий уровень экспрессии ACE2 выявлялся в стволе

головного мозга, то есть в мосте и, в частности, в продолговатом мозге, содержащем дыхательные центры. Точный полный механизм проникновения вируса неизвестен, но было выявлено интраназальное проникновение вируса на нервно-слизистой границе в обонятельный нерв, затем в различные области головного мозга и в ствол мозга. Также наблюдались случаи проникновения COVID-19 по оси легкого-блуждающий нерв. Известно, что вирусное поражение продолговатого мозга, в котором находится дыхательный центр, может вызывать его дисфункцию, что приводит к стойким нарушениям функции контроля дыхания, а литературные данные свидетельствуют о высокой степени поражения ствола мозга у пациентов с дыхательной недостаточностью. Преимущественно механизмом этих патологий является вызванная вирусом иммунная реакция. Можно отметить, что дыхательная недостаточность с летальным исходом развивается в результате прямой инвазии вируса COVID-19 в ствол мозга, что приводит к его дисфункции (рисунок) [12, с. 2-3; 13, с. 3; 14, с. 286-287].

Другим фактором является механическое повреждение, к наиболее частому примеру которого можно отнести черепно-мозговую травму. Осложнения возникают быстрее и чаще при тяжелой форме. Такowymi являются острое повреждение легких, острый респираторный дистресс-синдром, пневмонии и нейрогенный отек легких. Конкретно к дыхательному центру имеет отношение. При нейрофизиологических исследованиях у пострадавших острым респираторным дистресс-синдромом выявлялось нарушение функции ствольных структур головного мозга на уровне моста и головного мозга при I степени с субкомпенсацией, при II с декомпенсацией. Существует несколько причин развития ОРДС у пациентов с ЧМТ. Наиболее важными из них, безусловно, являются нейрогенный отек легких, вызванный высвобождением катехоламинов после повреждения ствола головного мозга, и системная воспалительная реакция, связанная с любой тяжелой травмой, включая двустороннюю внутрибольничную пневмонию, которая не редкость у таких пациентов [15, с. 2].

Механизм возникновения острого респираторного дистресс-синдрома многофакторный. Тяжелая черепно-мозговая травма вызывает увеличение внутричерепного давления, которая ведет к ишемии и гипоксии головного мозга. Эти процессы ведут к активации рецепторов давления, расположенных в гипоталамусе, стволе и спинном мозге. При поражении, вызывающем повышен-

ную реакцию соответствующих структур, превышающем возможности компенсации сосудистой системы легких, наблюдается интерстициальный отек и кровоизлияния в перивазальное пространство. При развитии воспалительной реакции на травму, происходит утяжеление ДВС-синдрома вследствие дислокации головного мозга, что ведет к дополнительным нарушениям функции ствола мозга, в том числе и дыхательных центров, из-за сдавления и нарушения местоположения (рисунок) [16, с. 5; 17, с. 608].

При экспериментах, моделирующих бульбо-спинальные повреждения, которые часто встречаются при черепно-мозговой и спинномозговой травмах, была выявлены некоторые особенности функционирования. При массивном подобном повреждении, отсекающем верхние отделы от нижних, происходит прерывание проводящих путей, этом обычно дистальные отделы в дальнейшем отмирают. Было исследовано явление регенерации кортикоспинальных нейронов, связанное со специфической регуляцией генов, связанных с ростом. Она может происходить при внутримозговых, но не спинномозговых поражениях. Таким образом, может происходить восстановление функций дыхательного центра и соответствующих путей после механического повреждения, если не были повреждены аксоны в месте перехода продолговатого мозга в спинной. Также нейропластичность может приводить к формированию спинальных генераторов дыхательного ритма при массивных нарушениях основного генератора в продолговатом мозге [18, с. 8].

Среди причин возникновения патологических типов дыхания можно назвать химическое поражение или отравление. В работе Широлапова И.В. и Тихомирова Л.Н., показано, что продолговатый мозг чувствителен к химическим факторам. Были проведены исследования, показавшие, что оксидутират в высоких дозах может вызвать нарушение центральной регуляции дыхания, в том числе нарушение в работе основного генератора дыхательного ритма, приводя к развитию апнейстического дыхания. В низких дозах оксидутират повышает резистентность организма к различным формам кислородной недостаточности, в том числе и к локальной гипоксии. Но в высокой концентрации он сдвигает баланс про – и антиоксидантных систем преимущественно в нервной системе, в частности головного мозга. В этом случае наблюдается уменьшение устойчивости к свободнорадикальному окислению, в результате чего появляется патологическое дыхание. Было выявлено, что причинами подобного типа дыхания не являются

нарушение гемодинамики и снижение напряжение кислорода в крови. Был сделан вывод, что оксидутират оказывает тормозящее действие как медиатор и модулятор (рисунок) [19, с. 2-4; 20, с. 25].

Также одним из примеров химического поражения дыхательного центра является взаимодействие его клеток с повышенным содержанием в крови углекислого газа, которое возникает при его соответственно повышенном содержании в окружающем воздухе. Концентрация, равная 2,9% в исследовании выявленная как пограничная, вызывает функциональные сдвиги в организме, в том числе нарастание глубины дыхания. При концентрации, близкой к 3%, у человека происходит повышение чувствительности дыхательного центра. При более высоких может происходить декомпенсация и формирование патологических форм дыхания в результате гипоксии дыхательного центра, высокочувствительного к этому фактору [21, с. 3; 22, с. 947].

Вывод

Таким образом, проведя анализ литературных данных, можно сделать вывод о том, что под воздействием множества факторов, вызванных различными эндогенными и экзогенными причинами, дыхательный центр может изменять свою деятельность в зависимости от типа и силы воздействия, претерпевая адаптивные или деструктивные изменения.

Список литературы

1. Маньшина Н.Г., Ведясова О.А. Роль ГАМК А-рецепторов комплекса Бетцингера в регуляции дыхания у крыс // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. Т. 1, № 1. С. 138-144.
2. Елисеев В.А. Фазовый анализ дыхательного цикла при обструктивном синдроме // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2001. Т. 1, № 10. С. 32-36.
3. Бреслав И.С., Ноздрачев А.Д. Регуляция дыхания: висцеральная и поведенческая составляющие // Успехи физиологических наук. 2007. Т. 38, № 2. С. 26-45.
4. Сафонов В.А., Лебедева М.А. Автоматия и ритмообразование в дыхательном центре // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 1. С. 108-121.
5. Кирюхина Л.Д., Сысоева В.В., Кокорина Е.В., Гаврилов П.В., Савин И.Б., Денисова Н.В., Яблонский П.К. Исследование работоспособности дыхательной мускулатуры и активности дыхательного центра у больных туберкулезом легких // Медицинский альянс. 2023. Т. 11, № 1. С. 35-43.
6. Ковалева Т.Е. Участие структур варолиевого моста в регуляции дыхания // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2016. Т. 8, № 1. С. 46-51.
7. Васильев Г.Ф. Система дыхания // European journal of biomedical and life sciences. 2015. Т. 1, № 3. С. 101-107.
8. Филипович Т.А., Колянич Ж.В., Андрианова Т.Д., Зайкина Н.Л., Кульчицкий В.А. Нейрососудистые и нейроглияльные взаимоотношения в вентральных отделах продолговатого мозга при моделировании апноэ // Оториноларингология. Восточная Европа. 2017. Т. 7, № 1. С. 55-63.

9. Сосин Д.В., Евсеев А.В., Правдивцев В.А., Евсева О.А. Фармакологическая коррекция острой экзогенной гипоксии антигипоксантами // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2015. Т. 4, № 1. С. 46-71.
10. Головненко Ю.И., Трещинская М.А. Патогенетические особенности развития циркуляторной гипоксии мозга при артериальной гипертензии // Медицина неотложных состояний. 2011. Т. 4, № 35. С. 86-93.
11. Максимович Н.Е., Бонь Е.И., Дремза И.К. Изменений функций митохондрий нейронов головного мозга в условиях субтотальной ишемии головного мозга // Актуальные проблемы медицины. Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции. 2019. С. 363-366.
12. Ткач В.В., Дубовик М.Ю., Османова А.Ю., Ткач А.В. Дисфункция ствола мозга как причина дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19 // The Scientific Heritage. 2022. № 82-2 (82). С. 24-29.
13. Войтенков В.Б., Екушева Е.В. К вопросу о нейротропности и нейроинвазивности коронавирусов // Клиническая практика. 2020. Т. 11, № 2. С. 81-86.
14. Александрова Н.П. Патогенез дыхательной недостаточности при коронавирусной болезни (COVID-19) // Интегративная физиология. 2020. Т. 1, № 4. С. 285-293.
15. Hendrickson C.M., Howard B.M., Kornblith L.Z., Conroy A.S., Nelson M.F., Zhuo H., Liu K.D., Manley G.T., Matthay M.A., Calfee C.S., Cohen M.J. The acute respiratory distress syndrome following isolated severe traumatic brain injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016 Jun. Vol. 80. No. 6. P. 989-997. DOI: 10.1097/TA.0000000000000982.
16. Чурляев Ю.А., Вереин М.Ю., Кан С.Л., Григорьев Е.В., Епифанцева Н.Н., Айкина Т.П. Острый респираторный дистресс-синдром при тяжелой черепно-мозговой травме // Общая реаниматология. 2009. Т. 5, № 2. С. 21-26.
17. Spinelli E., Mauri T., Beitler J.R., Pesenti A., Brodie D. Respiratory drive in the acute respiratory distress syndrome: pathophysiology, monitoring, and therapeutic interventions // *Intensive Care Med.* 2020 Apr. Vol. 46. No. 4. P. 606-618. DOI: 10.1007/s00134-020-05942-6.
18. Kastner A., Matarazzo V. Neuroprotective and Neurorestorative Processes after Spinal Cord Injury: The Case of the Bulbosplinal Respiratory Neurons // *Neural Plasticity.* 2016. DOI: 10.1155/2016/7692602.
19. Глазкова Е.Н., Тюрин Н.Л., Широлапов И.В., Тарарников В.С., Пятин В.Ф. Сравнительный анализ респираторных реакций на микроинъекции L-Глутамата в различные структурно-функциональные отделы вестибулярного ядерного комплекса мозга новорожденных крыс IN VITRO // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018. Т. 60, № 2. С. 25-34.
20. Тихомирова Л.Н., Мацеевский Д.Д., Ревенко С.В., Тараканов И.А. Характер кровоснабжения продолговатого мозга крыс при возникновении периодического патологическом дыхании, вызванном оксибутиратом натрия // Патогенез. 2018. Т. 16, № 4. С. 119-123.
21. Брагин Л.Х., Воронков Ю.И. Чувствительность дыхательного центра к углекислому газу при длительном нахождении человека в газовой среде с неизменяющимся уровнем гиперкапнии // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1999. Т. 33, № 2. С. 19-21.
22. Guyenet P.G., Bayliss D.A. Neural Control of Breathing and CO2 Homeostasis // *Neuron.* 2015. Sep 2. Vol. 87. No. 5. P. 946-961. DOI: 10.1016/j.neuron.2015.08.001.

СТАТЬИ

УДК 681.5.09

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА**Алпатов Д.А.***Самарский государственный технический университет, Самара, e-mail: alpatovdenis@inbox.ru*

Автоматизация технологических процессов является одним из ключевых направлений развития современной промышленности. Она позволяет повысить производительность, качество и надежность производственных процессов, а также снизить затраты на производство. Однако, для обеспечения надежности и безотказности таких систем, необходимо проведение проектного расчета, учитывающего риски и возможные отказы. Данная статья посвящена проектному расчету надежности автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУ ЭР) на заводе по производству сжиженного природного газа (СПГ). Проводится анализ и оценка технических и программных решений для определения степени надежности текущей системы. Основное внимание уделяется переходному процессу интенсивности отказов системы в зависимости от наработки. Производится модернизация системы за счет внедрения более надежного и устойчивого к отказам оборудования. Таким образом, достигается необходимый уровень надежности исследуемого объекта, что крайне важно, так как стабильная работа системы приведет к повышению эффективности работы, удобству использования и оптимизации электроэнергии. Полученные результаты и выводы могут использоваться при планировании и обеспечении надежности автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии на заводах по производству СПГ.

Ключевые слова: Автоматизация, расчет надежности, автоматизированная система контроля и учета электроэнергии, сжиженный природный газ, переходный процесс, интенсивность отказов

DESIGN CALCULATION OF RELIABILITY OF THE AUTOMATED SYSTEM OF CONTROL AND ACCOUNTING OF ELECTRIC POWER OF THE PLANT FOR THE PRODUCTION OF LIQUEFIED NATURAL GAS**Alpatov D.A.***Samara State Technical University, Samara, e-mail: alpatovdenis@inbox.ru*

Automation of technological processes is one of the key areas of development of the modern industry. It allows to increase productivity, quality and reliability of production processes, as well as reduce production costs. However, to ensure the reliability and safety of such systems, it is necessary to carry out a design calculation that takes into account the risks and possible failures. This article is devoted to the design calculation of the reliability of the automated electric power control and metering system (ASKU ER) at a liquefied natural gas (LNG) production plant. The analysis and evaluation of technical and software solutions is carried out to determine the degree of reliability of the current system. The main attention is paid to the transient process of the failure rate of the system depending on the operating time. The system is being upgraded by introducing more reliable and fault-tolerant equipment. Thus, the required level of reliability of the object under study is achieved, which is extremely important, since stable operation of the system will lead to increased efficiency, ease of use and optimization of electricity. The obtained results and conclusions can be used in planning and ensuring the reliability of an automated system for monitoring and metering electricity at LNG plants.

Keywords: Automation, reliability calculation, automated control system and electricity metering, liquefied natural gas, transient, failure rate

В состав производства может входить множество различных систем управления. Одной из таких является автоматизированная система учета и контроля электроэнергии. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии являются неотъемлемой частью современных производственных предприятий. Они позволяют эффективно контролировать и управлять энергопотреблением, что в свою очередь способствует снижению затрат на энергоресурсы и повышению экономической эффективности производства. Однако, для обе-

спечения надежной работы автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии необходимо проводить проектный расчет надежности системы.

Проектный расчет надежности автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии завода СПГ является важным этапом проектирования системы. Он позволяет определить вероятность отказа компонентов системы, оценить надежность системы в целом и разработать меры по улучшению ее надежности. Это является особенно актуальным для сложных систем,

состоящих из большого числа элементов и имеющих обширные внутренние и внешние связи [1].

Целью данного исследования является проектный расчет надежности автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии на заводе по производству сжиженного природного газа (СПГ). Исследование осуществлено с целью оценки технических и программных решений, а также предложения оптимальных мер для повышения надежности системы и обеспечения эффективной работы завода.

Материалы и методы исследования

АСКУ ЭР СПГ 3 линии представляет собой многоуровневую систему, построенную на основе использования современных информационных технологий и программно-технических средств.

Система построена по иерархическому принципу и включает следующие уровни:

- нижний – уровень контрольно-измерительных приборов (КИП) и управляющих устройств.
- средний – уровень информационно-вычислительного комплекса энергоустановки (ИВКЭ);
- верхний – уровень информационно-вычислительного комплекса (ИВК).

Изобразим структурную схему, описывающую основные взаимосвязи между компонентами системы (рис. 1).

Средства измерений энергоресурсов и первичного сбора учетной информации уровня информационно-измерительного комплекса (ИИК) располагаются непосредственно на технологическом оборудовании или в аппаратных соответствующих позиций.

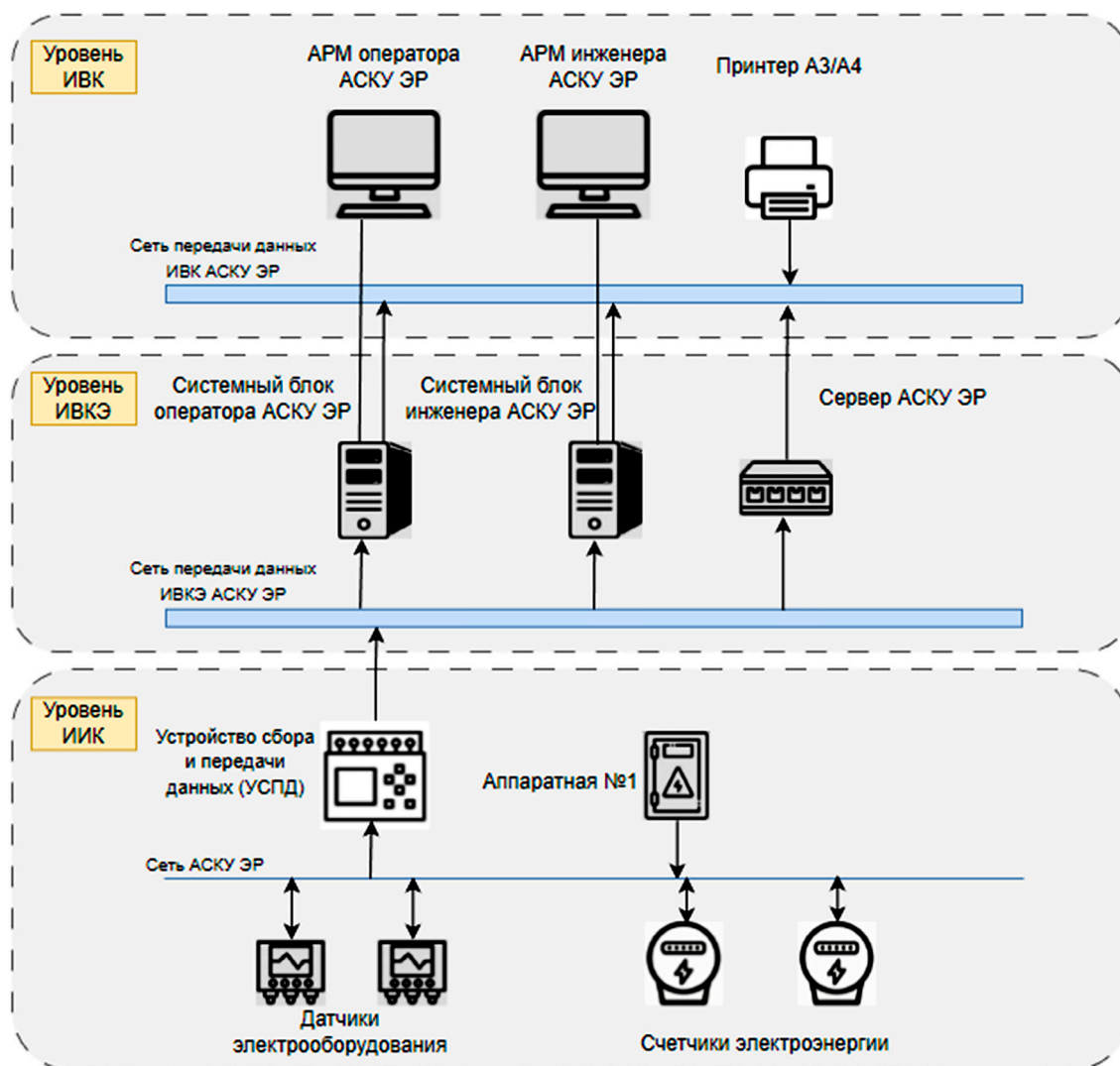


Рис. 1. Структурная схема системы АСКУ ЭР

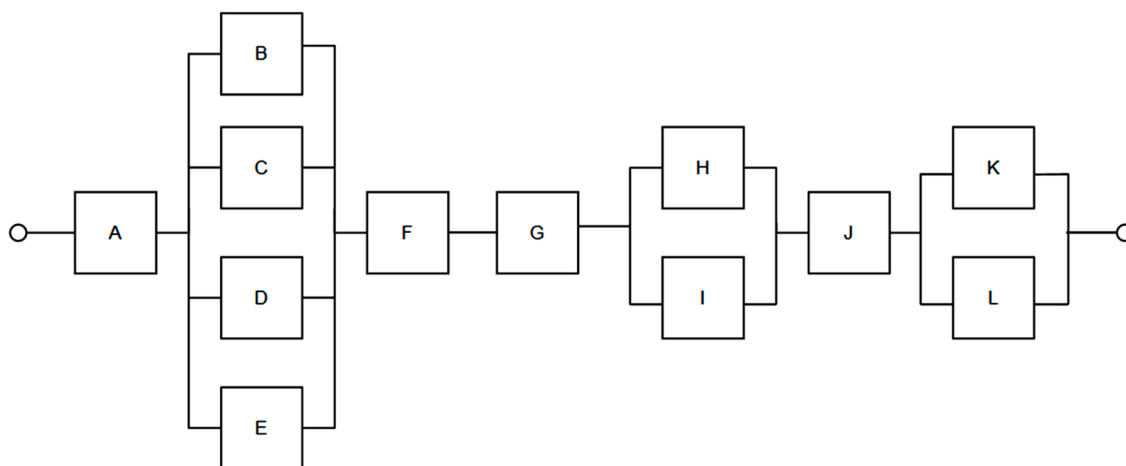


Рис. 2. Логическая схема расчета надежности АСКУ ЭР: А – аппаратная с электроустановками; В, С – датчики электрооборудования; D, E – счетчики электроэнергии; F – УСПД; G – сеть передачи данных ИВКЭ; H – системный блок оператора АСКУ ЭР; I – системный блок инженера АСКУ ЭР; J – сеть передачи данных ИВК; K – АРМ оператора АСКУ ЭР; L – АРМ инженера АСКУ ЭР

Таблица 1

Параметры интенсивности отказов элементов АСКУ ЭР

Элемент АСКУ ЭР	Интенсивность отказов
Аппаратная с электроустановками	$\lambda_a := 2,08 * 10^{-6}$
Датчики электрооборудования/электроэнергии	$\lambda_{b,c,d,e} := 5 * 10^{-6}$
УСПД	$\lambda_f := 1 * 10^{-5}$
Сеть передачи данных ИВКЭ	$\lambda_g := 3,88 * 10^{-7}$
Системный блок оператора АСКУ ЭР	$\lambda_h := 5 * 10^{-5}$
Системный блок инженера АСКУ ЭР	$\lambda_i := 5 * 10^{-5}$
Сеть передачи данных ИВК	$\lambda_j := 4 * 10^{-7}$
АРМ оператора АСКУ ЭР	$\lambda_k := 1,4 * 10^{-5}$
АРМ инженера АСКУ ЭР	$\lambda_l := 1,4 * 10^{-5}$

Для расчета системы в целом, необходимо рассчитать надежность всех элементов системы в отдельности. Особое внимание стоит учесть и условия, в которых производится работа системы, поскольку в тех или иных условиях система может работать иначе [2].

Логическая схема для расчета надежности представлена ниже (рис. 2).

Параметры наработки на отказ для отдельных элементов принимаются исходя из официальных источников поставщика оборудования, при этом к ним предъявляются

максимально высокие требования к надежности [3]. Рассмотрим таблицу 1.

При этом, примем следующие допущения при построении математической модели надежности системы:

- 1) элементы АСКУ ЭР прошли период приработки и отказы элементов независимы;
- 2) справедлив экспоненциальный закон распределения;

Согласно приведенной схеме, вероятность безотказной работы системы будет выражаться формулой:

$$P(t) := \exp^{-\lambda_d t} * \left[1 - \left(1 - \exp^{-\lambda_b \lambda_c \lambda_d \lambda_e t} \right) \right] * \exp^{-(\lambda_f + \lambda_g) t} * \left[1 - \left(1 - \exp^{-\lambda_h \lambda_i t} \right) \right] * \exp^{-\lambda_j t} * \left[1 - \left(1 - \exp^{-(\lambda_k + \lambda_l) t} \right) \right]$$

```

1   close
2   clear
3   clc
4   a = 2.08 * 10^-6;
5   b = 5 * 10^-5;
6   c = b;
7   d = c;
8   e = d;
9   f = 1 * 10^-5;
10  g = 3.88 * 10^-7;
11  h = 5 * 10^-5;
12  i = 5 * 10^-5;
13  j = 4 * 10^-7;
14  k = 1.4 * 10^-5;
15  l = 1.4 * 10^-5;
16  t = [0:200:10^4];
17  P = exp(-a.*t).*(1-(1-exp(-b*c*d*e.*t))).*exp(-(f+g).*t).*(1-(1-exp(-h*i.*t))).*exp(-j.*t).*(1-(1-exp(-(k+l).*t)));
18  Pdif = diff(P);
19  Pdif = [0, Pdif];
20  L = -Pdif./P;
21  plot(t,L);
22  grid on;
23
24

```

Рис. 3. Программный код для построения переходного процесса интенсивности отказов

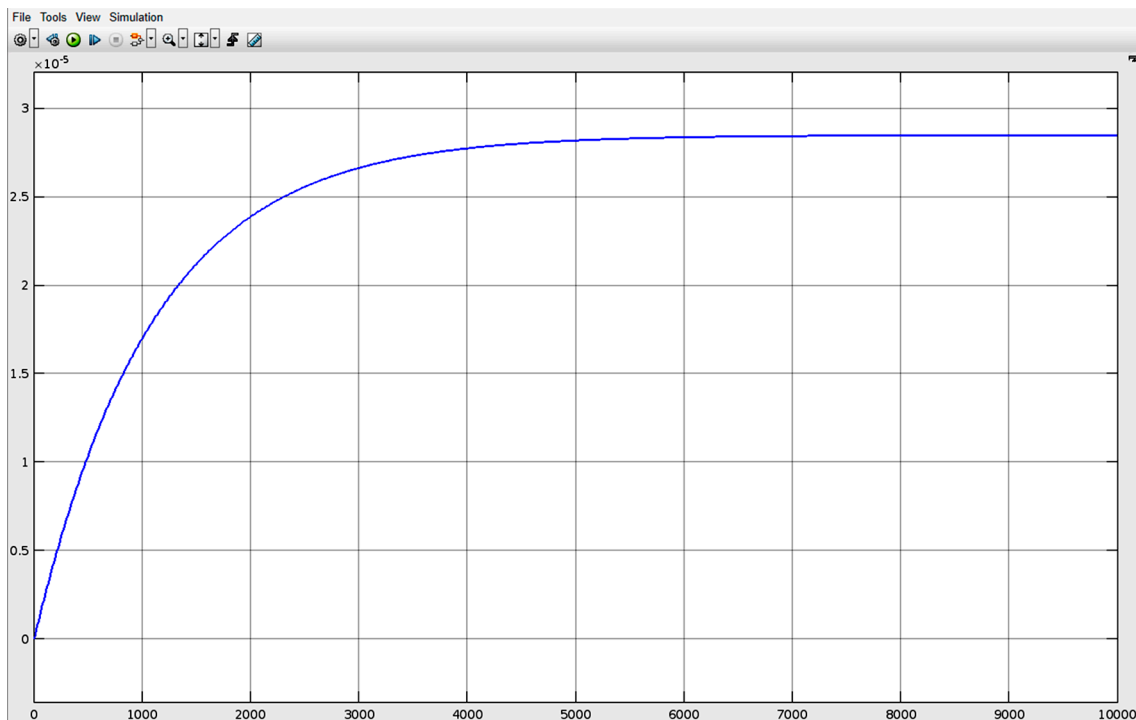


Рис. 4. График интенсивности отказов АСКУ ЭР

Определим интенсивность отказов данной системы по формуле [4]:

$$\lambda(t) := \frac{-P'(t)}{P(t)}$$

Построим график с помощью программного пакета Matlab (рис. 3, 4).

Как видно, переходный процесс интенсивности отказов к 6000 часам наработки переходит в установившееся значение, равное примерно $2.8 \cdot 10^{-5}$, что соответствует не менее 35000 часам средней наработки на отказ.

Рассмотрим существующие пути повышения надежности для автоматизированных систем управления.

1) Резервирование. Используются резервные компоненты и системы, чтобы обеспечить непрерывную работу системы даже при отказе основных элементов.

2) Мониторинг и обнаружение отказов. Реализуются системы мониторинга, которые постоянно отслеживают работоспособность системы и могут автоматически обнаруживать отказы или неисправности.

3) Резервное копирование данных. Обеспечивается возможность автоматической синхронизации баз данных, чтобы восстановить систему в случае сбоя или потери информации [5].

4) Обновления компонентов системы и установка нового ПО. Производится замена старого оборудования на новое; регулярно выпускаются и устанавливаются исправления и обновления для операционной системы, программного обеспечения и ап-

паратных средств, чтобы исправить известные уязвимости и проблемы.

5) Обучение и поддержка пользователей. Сотрудникам обеспечивается достаточное обучение и поддержка для пользователей системы для минимизации возможных ошибок и проблем, вызванных неправильным использованием.

Повышение характеристик по надежности системы осуществим путём приобретения обновленного, более совершенного по отказоустойчивости оборудования.

Обновление оборудования обеспечивает фирма-поставщик «СИКОН», которая обновила свой каталог приборов 22 июля 2022 года. Замена распространяется на: датчики электрооборудования, счетчики электроэнергии и устройства сбора и передачи данных.

Ниже представлены сравнительные данные нового оборудования (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительные данные по средней наработке на отказ старого и нового оборудования

Назначение прибора	Старое оборудование		Новое оборудование	
	Название	Средняя наработка на отказ, ч	Название	Средняя наработка на отказ, ч
Датчики электрооборудования	ST2000-10	200000	КВАНТ ST2000-12	320000
Счетчики электроэнергии	ST1000-7	200000	КВАНТ ST1000-9	320000
Устройства сбора и передачи данных	Контроллер С10	100000	Контроллер С110	125000

```

untitled.m x +
/MATLAB Drive/Published/untitled.m
1 close
2 clear
3 clc
4 a = 2.08 * 10^-6;
5 b = 5 * 10^-5;
6 c = b;
7 d = c;
8 e = d;
9 b2 = 3.125*10^-6;
10 c2 = b2;
11 d2 = c2;
12 e2 = d2;
13 f = 1 * 10^-5;
14 f2 = 0.8 * 10^-6;
15 g = 3.88 * 10^-7;
16 h = 5 * 10^-5;
17 i = 5 * 10^-5;
18 j = 4 * 10^-7;
19 k = 1.4 * 10^-5;
20 l = 1.4 * 10^-5;
21 t = 0:200:10^4;
22 P = exp(-a.*t).*(1-(1-exp(-b*c*d*e.*t))).*exp(-(f+g).*t).*(1-(1-exp(-h*i.*t))).*exp(-j.*t).*(1-(1-exp(-(k+1).*t)));
23 Pdif = diff(P);
24 Pdif = [0, Pdif];
25 L = -Pdif./P;
26 P2 = exp(-a.*t).*(1-(1-exp(-b2*c2*d2*e2.*t))).*exp(-(f2+g).*t).*(1-(1-exp(-h*i.*t))).*exp(-j.*t).*(1-(1-exp(-(k+1).*t)));
27 Pdif2 = diff(P2);
28 Pdif2 = [0, Pdif2];
29
30 plot(t,L);
31 grid on;
32 hold on;
33 L2 = -Pdif2./P2;
34 plot(t,L2);
35 hold off
36

```

Рис. 5. Обновленный программный код для построения переходного процесса интенсивности отказов

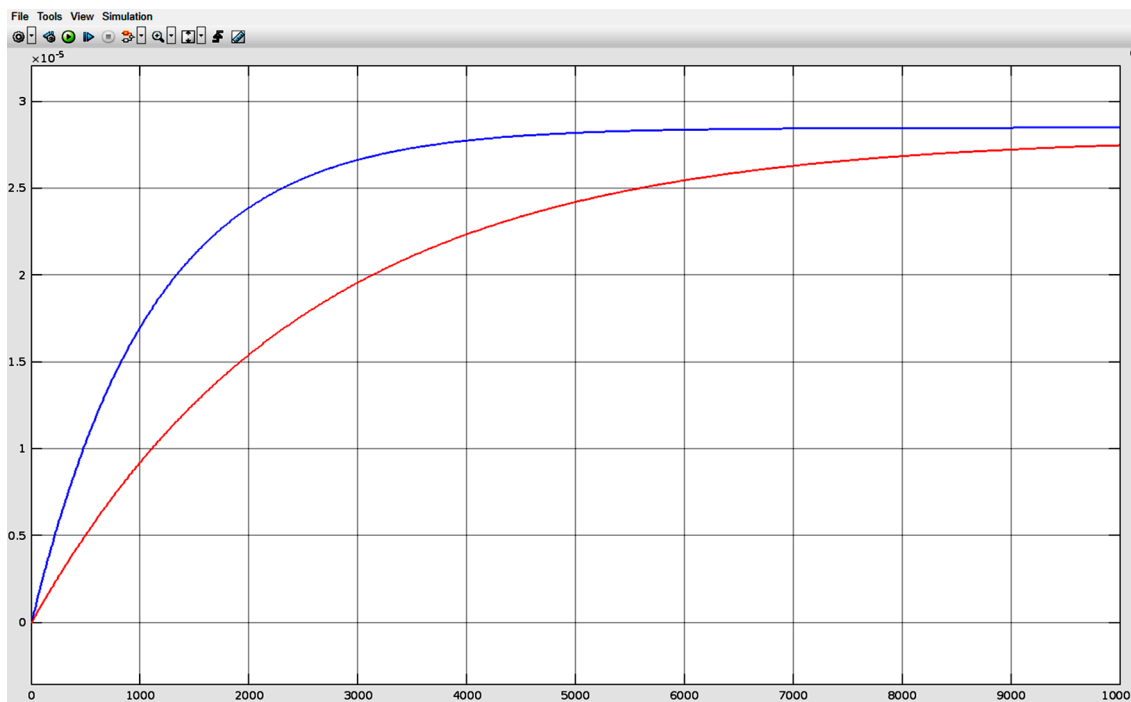


Рис. 6. Графики интенсивности отказов АСКУ ЭР с обновленным оборудованием

Высчитаем параметр интенсивности отказов для данного оборудования и внесем изменения в код программы для построения необходимого графика по формуле безотказной работы, описанной выше (рис. 5).

Переменные с индексом «2» являются характеристиками нового оборудования. Запустив программу, получим следующие графики (рис. 6).

Результаты исследования и их обсуждение

Корректная и точная оценка надежности на этапе проектирования способствует минимизации возможных сбоев и снижению рисков эксплуатации. В ходе анализа и оценки технических и программных решений, было получено, что переходный процесс интенсивности отказов к 6000 часам наработки переходит в установившееся значение, равное примерно $2.55 \cdot 10^{-5}$, что соответствует не менее 39000 часам средней наработки на отказ. В результате, разработка надежной АСКУ ЭР на заводе СПГ повышает эффективность работы, обеспечивает удобство использования и способствует оптимизации энергопотребления.

Заключение

Проектный расчет надежности АСКУ ЭР представляет собой важный этап, обеспечивающий эффективность и надежность

работы всего предприятия. Производя обновление старого оборудования, мы получили ощутимый выигрыш по надежности системы, который подтверждается расчетными данными и полученными графиками безотказной работы системы.

Список литературы

1. Алейников Д.В. Разработка автоматизированной системы расчета надежности в моделях систем электропитания: Материалы IX Международной молодежной научно-практической конференции с элементами научной школы «Прикладная математика и фундаментальная информатика». Омск: Омский государственный технический университет, 2019. С. 85-88.
2. Касимов С.А. Моделирование автоматизированной системы сбора данных интеллектуального мониторинга контроля точности изготовления распределительных валов на основе расчета надежности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 7-1(18-1). С. 457-460. DOI: 10.12737/14904.
3. Муконин А.К., Медведев В.А., Трубецкой В.А., Тонн Д.А., Горемыкин С.А., Ситников Н.В. Повышение надежности Систем автоматического управления технологическими процессами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2020. Т. 16, № 4. С. 56-63. DOI: 10.25987/VSTU.2020.16.4.007.
4. Баранов Л.А., Ермолин Ю.А. Надежность систем с периодической кусочно-постоянной интенсивностью отказов // Электротехника. 2017. № 9. С. 60-63.
5. Алексеев Е.Б., Бурдин В.А., Климов Д.А. К вопросу об эффективности применения системы мониторинга оптических кабелей на транспортных сетях операторов связи // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013. Т. 7, № 8. С. 13-16.

УДК 621.9:531.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В НАПРАВЛЕНИИ РЕЗАНИЯ НА ФАКТИЧЕСКУЮ ПОДАЧУ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ

Лапшин В.П., Дудинов И.О.

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,
e-mail: lapshin1917@yandex.ru, ilya.sandman@yandex.ru*

Известно, что вибрационные процессы являются ограничивающим фактором, как для увеличения производительности, так и для повышения качества обрабатываемой поверхности металлических деталей. Основываясь на североамериканских и европейских работах, принято считать, что регенерация вибрационных колебаний режущей кромки инструмента в процессе механообработки во многом определяется так называемой «временной задержкой», возникающей в направлении подачи резца. Исследовательская работа посвящена оценке влияния вибрационных перемещений режущей кромки инструмента в направлении резания на фактическую величину подачи инструмента при токарной обработке цилиндрической металлической заготовки. В рамках исследования был разработан аппаратно-программный комплекс с использованием датчиков вибрации, для измерения вибрационного ускорения резца с целью дальнейшей оценки его вибрационной активности. Также экспериментальным способом был подобран наиболее оптимальный размер выборки для удаления низкочастотной составляющей из полученных сигналов вибрационной скорости и вибрационного перемещения режущего инструмента. Таким образом, с помощью программной части экспериментального комплекса удалось определить, что имеет место значительное влияние вибрационной активности инструмента в направлении резания, обусловленной сложным пространственным движением вершины режущего инструмента в процессе токарной обработки заготовки.

Ключевые слова: динамика резания, нелинейная динамика, вибрации, процесс резания, токарная обработка, фактическая подача

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF VIBRATION ACTIVITY OF A CUTTING TOOL IN THE CUTTING DIRECTION ON THE ACTUAL FEED DURING TURNING OF METALS

Lapshin V.P., Dudinov I.O.

*Don State Technical University, Rostov-on-Don,
e-mail: lapshin1917@yandex.ru, ilya.sandman@yandex.ru*

It is known that vibration processes are a limiting factor both for increasing productivity and for improving the quality of the machined surface of metal parts. Based on North American and European studies, it is generally accepted that the regeneration of vibrations of the tool cutting edge during machining is largely determined by the so-called "time delay" that occurs in the feed direction of the cutter. The research work is devoted to assessing the influence of vibration movements of the tool cutting edge in the cutting direction on the actual amount of tool feed during turning of a cylindrical metal workpiece. As part of the study, a hardware and software complex was developed to measure the vibration acceleration of the cutter in order to further assess its vibration activity. Also, the most optimal sample size was experimentally selected to remove the low-frequency component from the received signals of vibration speed and vibration movement of the cutting tool. Thus, using the software part of the experimental complex, it was possible to determine that there is a significant influence of the vibration activity of the tool in the cutting direction, caused by the complex spatial movement of the tip of the cutting tool during turning of the workpiece.

Keywords: cutting dynamics, nonlinear dynamics, vibrations, cutting process, turning, actual feed

Ещё в середине XX века было установлено, что вибрационные перемещения режущего инструмента в процессе механообработки могут возникать в результате регенеративного эффекта, который значительно влияет на динамические характеристики процесса резания [1]. Известно, что вибрации являются ограничивающим фактором для повышения производительности и качества обрабатываемой поверхности деталей [2]. В европейской [3,4] и в североамериканской [5] научных школах, принято считать, что главным фактором, определяющим влия-

ние регенеративного эффекта, является наличие временной задержки в направлении подачи инструмента. Однако эта задержка является частью сложного вибрационного движения кромки режущего инструмента, которое включает в себя и колебание в направлении резания, которые ранее не учитывались ни в отечественных, ни в зарубежных исследованиях [6].

Основываясь на вышесказанном, была поставлена следующая цель: оценить влияние вибрационных процессов режущего инструмента в тангенциальном направлении

на значение фактической подачи инструмента при токарной обработке металлической заготовки.

Материалы и методы исследования

В случае токарной обработки металлической заготовки цилиндрической формы принято выполнять разложение реальных деформаций режущего инструмента на три основные оси: x – осевое направление деформаций, мм; y – радиальное направление деформаций, мм; z – тангенциальное направление деформаций, мм. Таким образом, на рис. 1 представлено схематическое изображение инструмента и обрабатываемой детали, на котором выполнено разложение силовой реакции со стороны резания на оси деформации инструмента x , y , z [7].

На рисунке 1, ось x – характеризует направление подачи инструмента, ось y – опре-

деляет глубину резания, а ось z – определяет направление резания. Соответствующим образом представлено разложение и силовой реакции вдоль этих осей деформации. В рамках исследования для достижения поставленной цели будут рассматриваться только направления подачи и резания.

Для анализа вибрационной активности режущей кромки инструмента в осевом и тангенциальном направлениях деформаций была выполнена разработка системы для сбора данных виброускорений. Структурная схема системы регистрации вибрационной активности представлена на рисунке 2.

В процессе исследования было проведено двенадцать экспериментов, в результате которых были записаны сигналы вибрационного ускорения инструмента по двум каналам измерения для соответствующих скоростей резания.

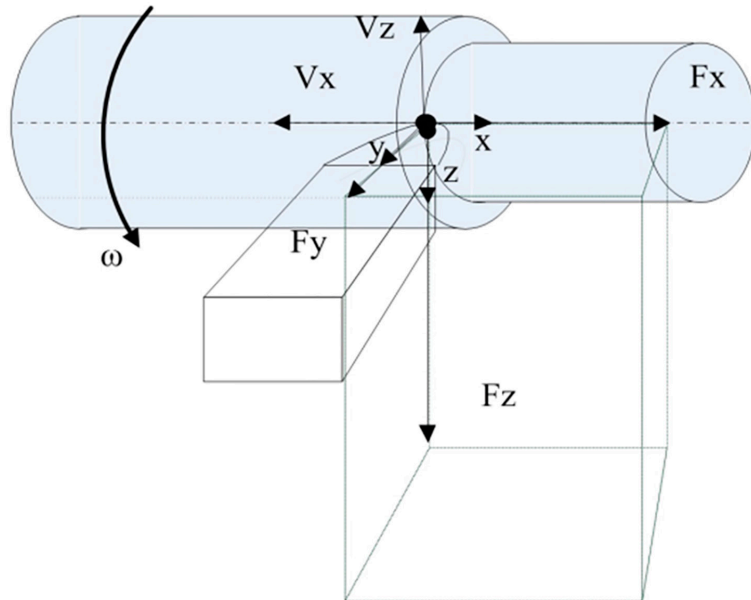


Рис. 1. Ориентация осей деформаций режущего инструмента и проекция вектора силы реакции со стороны процесса резания на эти оси [7]

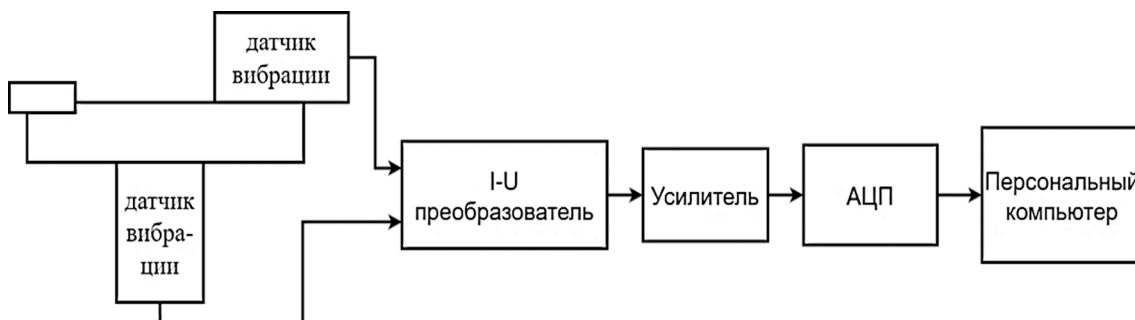


Рис. 2. Структурная схема системы сбора данных

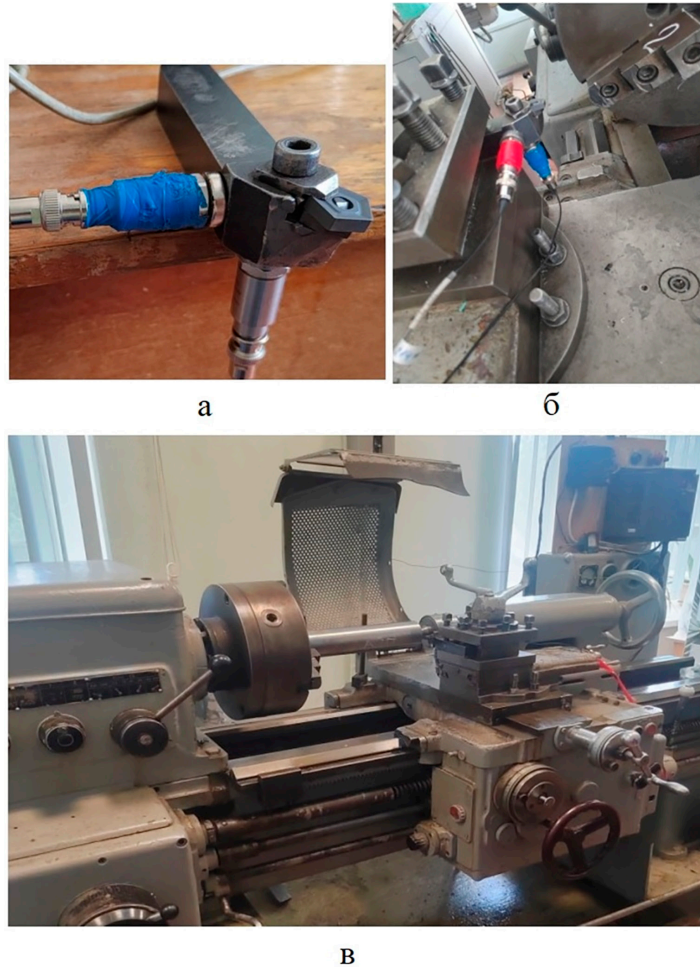


Рис. 3. Внешний вид системы измерения вибраций:

а – установка датчиков виброускорения на режущий инструмент; б – установка измерительной системы на токарный станок 1К625; в – внешний вид универсального токарного станка 1К625

Скорость обработки изменялась от 60 м/мин (1000 мм/сек) до 170 м/мин (2833 мм/сек) с шагом 10 м/мин (167 мм/сек). Аппаратная часть измерительного комплекса (рис. 3, *а* и *б*), основанного на использовании двух вибропреобразователей, производства компании Глобал Тест (Россия), устанавливается на универсальный токарный станок 1К625 (рис.3, *в*).

В экспериментах использовались следующие элементы режима резания: скорость резания $V_C = 124$ м/мин, подача $S = 0.11$ мм/об, глубина резания $t_p = 1$ мм. В качестве инструмента был использован державка MP TNR 2020 K11 и в качестве резца на ней пятигранная пластина 10113-110408 T15K6, а также пластина сменная бгр. «ломаный треугольник» WNUM 120612 (02114-120612) H30 (T5K10) K3TC, обработке подвергался вал из стали марки 45.

Полученные сигналы вибрационного ускорения были обработаны в математиче-

ском пакете прикладных программ Matlab, где была разработана программа, позволяющая выполнять двойное интегрирование и получать массивы виброскоростей и виброперемещений режущего инструмента вдоль направлений резания и подачи согласно системе уравнений 1 [4]:

$$\begin{cases} z = \int_0^{\tau} \frac{dz}{dt} dt = \int_0^{\tau} \int_0^{\tau} \frac{d^2z}{dt^2} dt dt \\ x = \int_0^{\tau} \frac{dx}{dt} dt = \int_0^{\tau} \int_0^{\tau} \frac{d^2x}{dt^2} dt dt \end{cases} \quad (1)$$

где x и z – осевые и тангенциальные виброколебания соответственно, мм; dx/dt и dz/dt – осевая и тангенциальная скорость виброколебаний режущего инструмента соответственно, мм/сек; d^2x/dt^2 и d^2z/dt^2 – осевое и тангенциальное ускорение виброколебаний режущего инструмента соответ-

ственно, мм/сек²; τ – исследуемый интервал времени, сек.

В полученных массивах виброскорости и виброперемещения в процессе интегрирования возникает низкочастотная составляющая вследствие ошибки интегрирования [4]. В результате чего для удаления этой составляющей из исследуемых сигналов применяется метод скользящего среднего, который позволяет усреднить значения вибрационных сигналов по заданной величине выборки. Для реализации этого метода ниже представлена система уравнений (2):

$$\begin{cases} \frac{dx_i}{dt} = \frac{dx_i}{dt} - \frac{1}{k} \sum_{j=i+1}^{i+k} \left(\frac{dx_j}{dt} \right) \\ x_i = x_i - \frac{1}{k} \sum_{j=i+1}^{i+k} x_j \end{cases} \quad (2)$$

где k – размер выборки для усреднения вибрационного сигнала.

Величина подачи инструмента за один полный оборот шпинделя будет зависеть от его вибрационной скорости вдоль осевого направления деформаций [5]. Таким образом, величина фактической подачи режущего инструмента в зону обработки будет определяться как решение следующего определённого интеграла:

$$\begin{aligned} S(t) &= \int_{t-T}^t \left(V_f - \frac{dx}{dt} \right) dt = \\ &= V_f T - x(t) + x(t-T) \end{aligned} \quad (3)$$

где V_f – скорость подачи инструмента вдоль осевого направления деформаций, мм/сек; T – постоянная времени запаздывания, определяемая как время одного оборота шпинделя, сек.

В свою очередь период оборота шпинделя может быть определен согласно следующему выражению [5]:

$$T = \frac{L}{V_c - \frac{dz}{dt}} \quad (4)$$

где L – перемещение точки режущей кромки инструмента вдоль обрабатываемой поверхности заготовки за один её оборот, мм.

Исходя из формулы (4) период вращения шпинделя в процессе обработки заготовки будет зависеть от скорости вибраций режущего инструмента вдоль направления резания. В свою очередь характер колебания величины подачи (3) будет определяться не только вибрационной активностью инструмента вдоль оси x , но и текущим значением периода вращения шпинделя.

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения наиболее достоверных сигналов вибрационной скорости и вибрационного перемещения режущего инструмента, а также для дальнейшего определения сигналов фактической подачи и постоянной времени запаздывания, было подобрано несколько вариантов размера выборки k для усреднения массивов данных. При этом расчет проводился для случаев $k=40$ (рис. 4 а и б), $k=25$ (рис. 5 а и б), $k=10$ (рис. 6 а и б) и $k=5$ (рис. 7 а и б).

Согласно полученным результатам, было установлено, виброколебания режущей кромки инструмента в направлении резания в процессе механообработки значительно влияют на величину запаздывания T , что в свою очередь влияет на изменение величины фактической подачи S , обусловленного изменением пределов интегрирования (3).

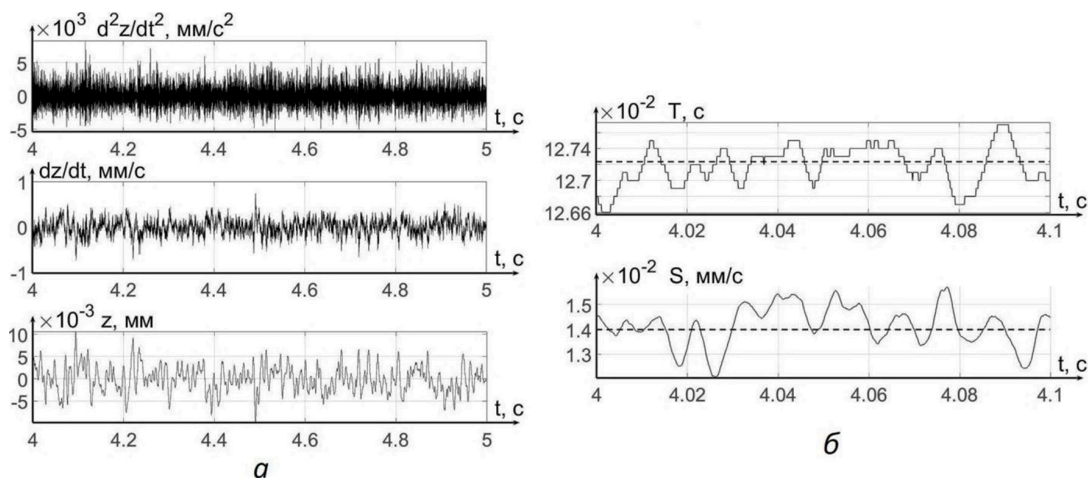


Рис. 4. Результаты обработки данных для случая $k=40$: а – вибрационные сигналы в направлении резания; б – сигналы постоянной времени и фактической подачи инструмента

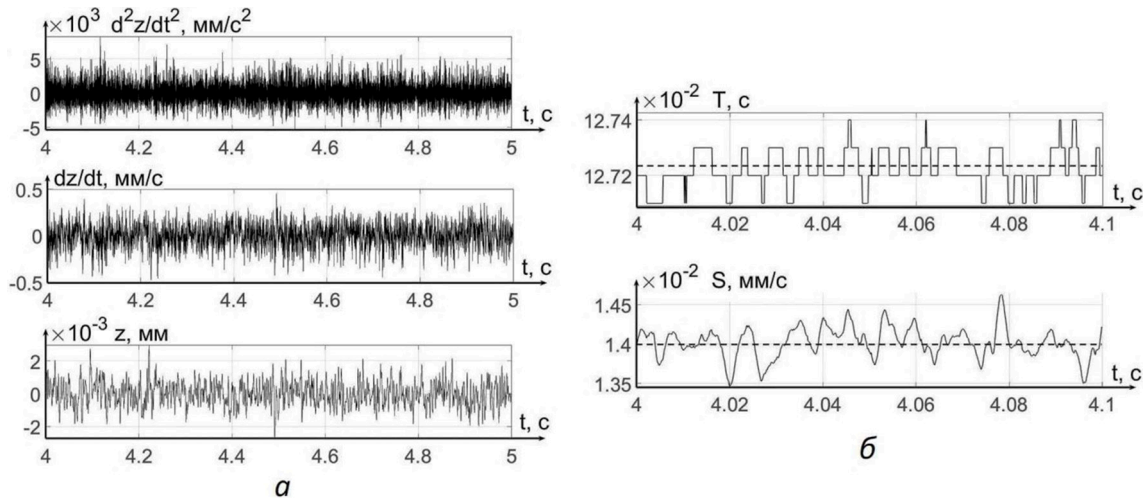


Рис. 5. Результаты обработки данных для случая $k=25$: а – вибрационные сигналы в направлении резания; б – сигналы постоянной времени и фактической подачи инструмента

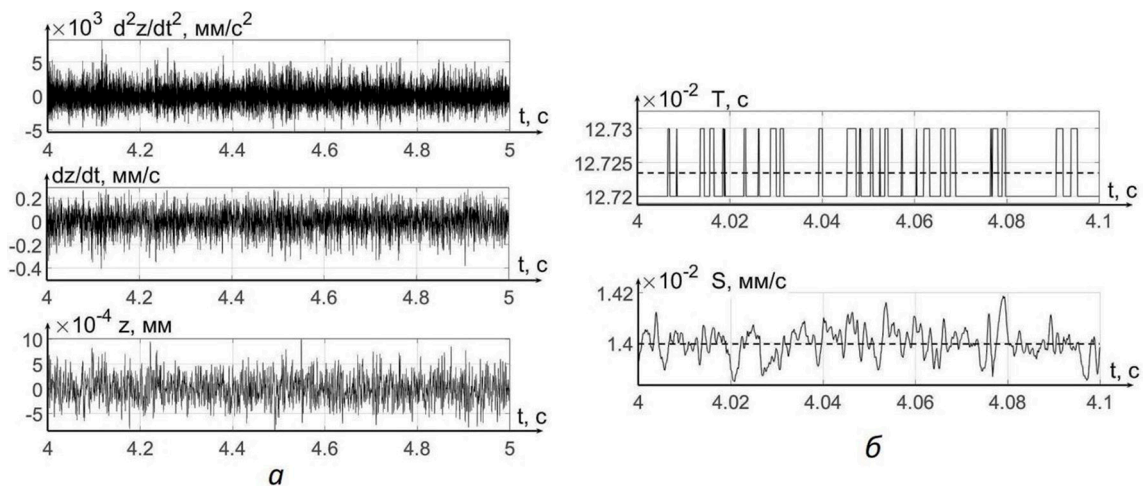


Рис. 6. Результаты обработки данных для случая $k=10$: а – вибрационные сигналы в направлении резания; б – сигналы постоянной времени и фактической подачи инструмента

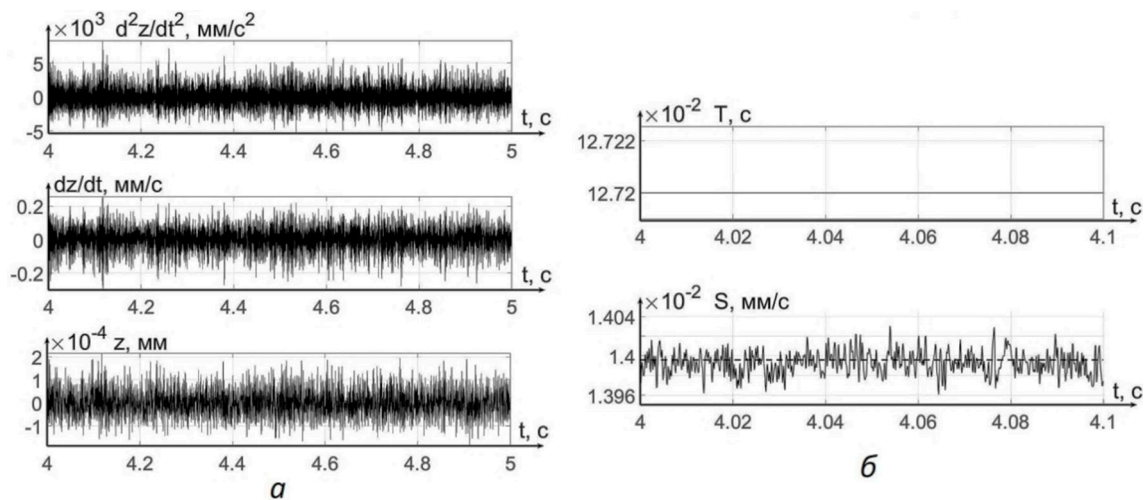


Рис. 7. Результаты обработки данных для случая $k=5$: а – вибрационные сигналы в направлении резания; б – сигналы постоянной времени и фактической подачи инструмента

Кроме того, было установлено, что наиболее оптимальный размер выборки k составит 10 элементов, что позволяет получить сигналы вибрационной скорости и вибрационного перемещения для наиболее точной оценки фактической подачи инструмента. При этом последний вариант ($k = 5$) демонстрирует случай, когда период вращения шпинделя не изменяется в процессе обработки за исследуемый интервал времени.

Все четыре варианта, подтверждают крайне важное влияние вибраций вершины режущего инструмента в направлении резания на величину реальной подачи. Иными словами, учет вибраций в направлении резания позволяет более качественно прогнозировать регенеративные эффекты при резании.

Заключение

Таким образом, результаты, полученные в рамках исследования, показывают, что реальная подача режущего инструмента в зону обработки зависит не только от его вибрационной активности в осевом направлении деформаций, но также в значительной степени определяется и вибрационными колебаниями в тангенциальном направлении деформаций. Это позволяет утверждать, что регенеративный эффект при токарной обработке металлов необходимо оценивать не только по следу обработ-

ки на предыдущем шаге резания. Реальный регенеративный эффект будет обусловлен сложным движением вершины инструмента, разложенного минимум вдоль двух осей деформаций.

Список литературы

1. Кудинов В.А. Динамика станков. Машиностроение. М., 1957. 359 с.
2. Mohammadi Y., Ahmadi K. Finite-amplitude stability in regenerative chatter: The effect of process damping nonlinearity and intermittent cutting in turning // *Journal of Sound and Vibration*. 2022. Vol. 537. P. 117158. DOI: 10.1016/j.jsv.2022.117158.
3. Namachchivaya S. Beddini. Spindle speed variation for the suppression of regenerative chatter // *Journal of Non-linear Science*. 2003. Vol. 13. No 3. P. 265-288. DOI: 10.1007/s00332-003-0518-4.
4. Velieva T.R., Kulyabov D.S., Korolkova A.V., Zaryadov I.S. The approach to investigation of the regions of self-oscillations // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. Vol. 937. P. 012057. DOI: 10.1088/1742-6596/937/1/012057.
5. Yuvaraju B.A., Srinivas J., Nanda B.K. Nanda Nonlinear dynamics of friction-induced regenerative chatter in internal turning with process damping forces // *Journal of Sound and Vibration*. 2023. Vol. 544. P. 117386. DOI: 10.1016/j.jsv.2022.117386
6. Lapshin V.P., Turkin I.A., Dudinov I.O. Research on Influence of Tool Deformation in the Direction of Cutting and Feeding on the Stabilization of Vibration Activity during Metal Processing Using Metal-Cutting Machines // *Sensors*. 2023. Vol. 23. No. 7482. DOI: 10.3390/s23177482.
7. Lapshin V.P. Turning tool wear estimation based on the calculated parameter values of the thermodynamic subsystem of the cutting system // *Materials*. 2021. Vol. 14. No. 21. P. 6492. DOI: 10.3390/ma14216492.

УДК 53.087

МОДЕЛЬ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ ФАСОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

Мартынов В.В.

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,
e-mail: 89054516201@mail.ru*

С целью повышения эффективности контроля качества и преодоления проблемы контрафактной продукции необходимо внедрять непосредственно на производстве систему сплошного выходного контроля, основа которой должна быть построена на экспресс-методе, реализующего неразрушающий контроль – без отбора пробы и нарушения герметичности тары. В связи с чем, в исследовании задействован компаративный метод весовой импедансной электрометрии, суть которого заключается в сравнении «образа» анализируемого продукта с «образом эталона». Автор отмечает, что внедрение системы сплошного выходного контроля на производстве потенциально не должно значительно удорожать стоимость выпуска, с одной стороны, а, с другой стороны, идентификация параметров жидкого продукта не должна негативно отражаться на производительности автоматизированной линии розлива, основу которой на современном производстве составляют триблоки – машины фасовочно-укупорочные с предварительным ополаскиванием, определяющие общую производительность. В статье отражено, что в процессе работы триблока тара на линии переворачивается, точно позиционируется для наполнения (контроль которого осуществляется, в том числе, по весу) и укупоривания, т.е. современный триблок реализует ключевые операции, необходимые для идентификации параметров с помощью метода весовой импедансной электрометрии. И требуется лишь дополнить контроль измерением температуры продукта и внедрить датчик-крышку.

Ключевые слова: сплошной контроль, роботизированный комплекс, экспресс-идентификация, неразрушающий контроль, компаративный анализ

THE MODEL OF A ROBOTIC COMPLEX FOR MONITORING THE PARAMETERS OF LIQUID PACKAGED PRODUCTS

Martynov V.V.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: 89054516201@mail.ru

In order to increase the effectiveness of quality control and overcome the problem of counterfeit products, it is necessary to implement a continuous output control system directly at the factory, the basis of which should be based on an express method that implements non-destructive testing – without sampling and breaking the tightness of the container. In this connection, the comparative method of weight impedance electrometry is involved in the study, the essence of which is to compare the “image” of the analyzed product with the “image of the standard”. The author notes that the introduction of a continuous output control system in production should potentially not significantly increase the cost of production, on the one hand, and, on the other hand, the identification of liquid product parameters should not negatively affect the performance of an automated filling line, the basis of which in modern production consists of triblock filling machines with pre-rinsing, determining overall performance. The article shows that during the operation of the triblock, the container on the line is turned over, precisely positioned for filling (which is controlled, including by weight) and capping, i.e. the modern triblock implements the key operations necessary to identify parameters using the method of weight impedance electrometry. And it is only necessary to supplement the control by measuring the temperature of the product and introduce a sensor- cover.

Keywords: continuous monitoring, robotic complex, express identification, non-destructive testing, comparative analysis

Современные предприятия за счет внедрения автоматизированных конвейерных линий розлива и продуманной логистики способны покрыть огромный спрос мегаполисов в промышленных и продуктово-бытовых бутилированных жидкостях, однако несовершенство используемых стандартных методов и средств [1-3] не позволяет осуществлять оперативный контроль качества каждого продукта в партии. Несовместимость законодательной и нормативно-технической базы, как и правоприменительной системы в части выявления и изъятия контрафакта, являются «глазёйкой» в «Национальной системе управления качеством фасованных жидких продуктов», что содействует проник-

новению некачественной продукции на российский рынок, подрывает здоровье и благополучие граждан. В свою очередь, ужесточение мер регулирования рынка жидких фасованных продуктов только способствует еще большему внедрению контрафактных продуктов в розничную продажу [2].

Как показали исследования [2-4], для преодоления проблемы контрафактной продукции необходимо разработать и внедрить непосредственно на производстве систему сплошного выходного контроля, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

- идентификация параметров жидкого продукта не должна негативно отражаться

на производительности автоматизированной линии розлива;

- идентификация параметров жидкого продукта должна осуществляться в промежутке между фасовкой и этикетированием;
- идентификация параметров жидкого продукта должна осуществляться без нарушения герметичности тары и отбора пробы (т.н. неразрушающий контроль);
- внедрение системы сплошного контроля не должно значительно удорожать стоимость выпуска продукта.

Целью исследования является повышение эффективности контроля качества жидких фасованных продуктов.

Материалы и методы исследования

В исследовании задействован метод весовой импедансной электрометрии (ВИЭМ), который описан в патенте РФ RU 2696810 С1 «Способ экспресс-анализа жидких фасованных продуктов и установка для его реализации» [5].

В Донском государственном техническом университете (ДГТУ) на базе кафедры «Системы приводов и автоматизированного контроля» собран стационарный исследовательский стенд (рисунок 1) по экспресс-идентификации параметров жидкого продукта.

В состав стенда входит:

- Измеритель иммитанса E7-20 – прецизионный прибор класса точности 0,1;
- Весы фасовочные настольные, RS-232;
- Цифровой датчик температуры DS18B20;
- Коммутатор и специальный датчик-крышка (рисунок 2);
- Компьютер со специализированным ПО, реализующий автоматизированный сбор и обработку данных.

Алгоритм идентификации параметров жидкого фасованного продукта:

- сперва совершается определение массы (m) и температуры (T) продукта;
- затем компьютер осуществляет расчет текущей плотности (ρ_t) по формуле (1), а также плотностей при стандартных положительных и отрицательных температурах (ρ_t) по формуле (2);
- измеритель иммитанса E7-20 передает данные об электропроводности (G), сопротивлении (R), емкости (C) или индуктивности (L), тангенсах углов потерь ($tg\delta$) и токах утечки (I) датчика-крышки внутри герметичной тары в газовой среде (при нормальном положении) и в жидкой среде (при перевороте тары), на фиксированных значениях частот измерений из рабочего диапазона устройства [1, 5];

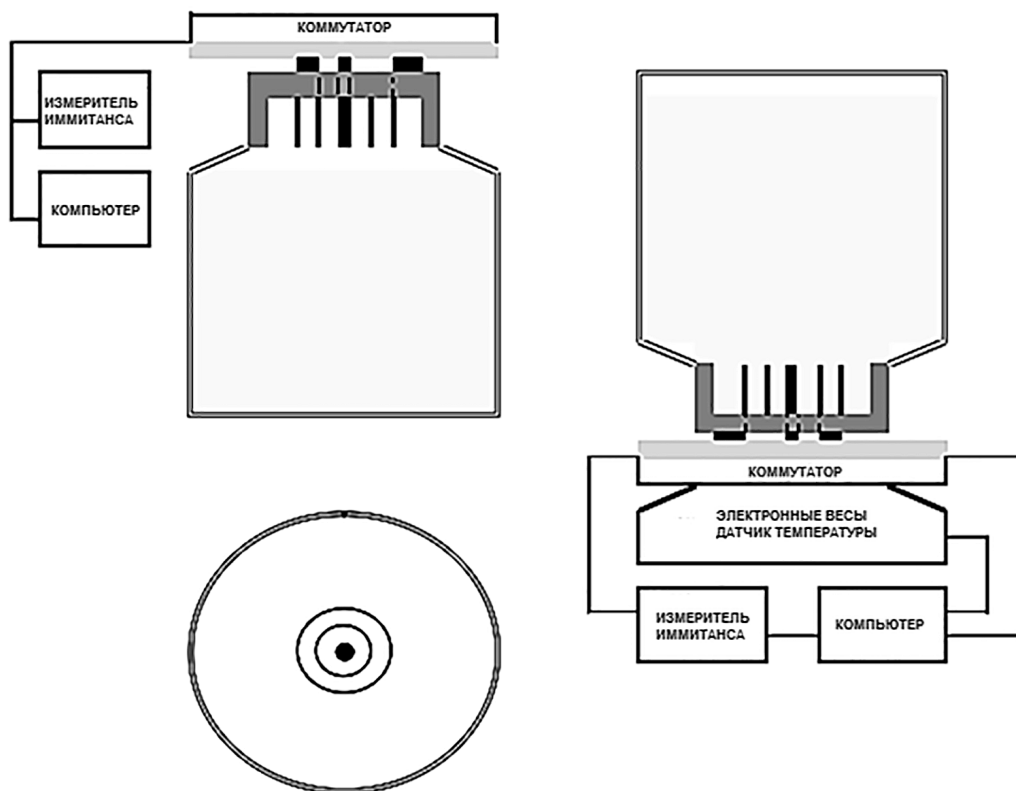


Рис. 1. Структура исследовательского стенда

- полученные данные образуют спектры значений, записываемые компьютером и используются для последующих вычислений относительной диэлектрической проницаемости (ε) воды по формуле (3), ее динамической вязкости (η_0) по формуле (4), для чего вычисляются макро- (τ) и микроскопические времена (τ_0) релаксации по формулам (5 и 6), а кинематическая вязкость (ν), обуславливаемая температурой, вычисляется по формулам (7, 8 и 9) [1, 5]:

$$\rho_i = (P_i - P_j) / V_{ij}, \quad (1)$$

$$\rho_t = \rho_{20^\circ\text{C}} - \Delta t \cdot (t - 20^\circ\text{C}), \quad (2)$$

$$\varepsilon = C_{\text{изм}} / C_0, \quad (3)$$

$$\eta_0 = \tau_0 \eta_3 / \tau_3, \quad (4)$$

$$\tau = \frac{3\varepsilon\tau_0}{2\varepsilon + 1}, \quad (5)$$

$$\tau_{1,2} = \frac{\varepsilon - 1}{4\pi f \text{tg} \delta} \pm \sqrt{\frac{(\varepsilon - 1)^2}{16 f^2 \pi^2 \text{tg}^2 \delta} - \frac{\varepsilon}{4\pi^2 f^2}}, \quad (6)$$

$$\lg \lg(\nu + 0.8) = a + b \lg T, \quad (7)$$

$$a = \lg \lg(\nu + 0.8) - b \lg T_1, \quad (8)$$

$$b = \frac{\lg \left[\lg(\nu_1 + 0.8) / \lg(\nu_2 + 0.8) \right]}{\lg \frac{T_1}{T_2}}, \quad (9)$$

где P_i – измеренный вес i -го образца в фасованной таре, кг;

P_j – вес j -ой эталонной тары, кг;

$V_{ij} = 0.5, 1.5 \dots N$ л – эталонный объем тары;

$\Delta t = (18,31 - 13,233 \cdot \rho_{20^\circ\text{C}}) \cdot 10^{-4}$ – температурная поправка к плотности на один градус;

t – искомая температура, $^\circ\text{C}$;

ρ_T – плотность жидкости при текущей температуре и при 20°C ;

C_0 – емкость датчика в воздухе;

$C_{\text{изм}}$ – емкость датчика в жидкости;

η_0 – динамическая вязкость;

ω – циклическая частота;

η_3 и τ_3 – табличные данные воздуха, загруженные в компьютер;

a и b – эмпирические коэффициенты;

T_1 и T_2 – стандартная температура жидких и вязких сред.

Вычисление характеристической частоты, при которой проводимость (G) не зависит от температуры (t) находим по методике, изложенной в [6]

Перечень параметров «образа» питьевой воды

№	Наименование параметра	Диапазон изменения
1	Масса продукта, m	0,25 – 20 кг
2	Объем продукта, V	$(0,25 - 20) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
3	Плотность продукта, ρ	990 – 1000 кг/м ³
4	Электропроводность, G	0,000001 – 0,2 См (1/Ом)
5	Сопrotивление, R	5 – 10^6 Ом
6	Ток утечки, I	10^{-6} – 0,2 А
7	Емкость, C	10^{-3} – 10^{12} пФ
8	Индуктивность, L	30 – 120 нГн
9	Температура, T	1 – 50 $^\circ\text{C}$
10	Фактор потерь, $\text{tg} \delta$	10^{-6} – 5^{-3} б/р
11	Удельная электропроводность, σ	50 – 1500 мкСм/см
12	Магнитная проницаемость, μ	$(8 - 9) \cdot 10^6$ Гн/м
13	Модуль комплексного сопротивления, $ Z $	900 – 9500 Ом
14	Угол сдвига комплексного сопр., φ	минус 180° – плюс 180°
15	Кинематическая вязкость, ν	$(0,3 - 1,8) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$
16	Динамическая вязкость, η	$(0,3 - 1,8) \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$
17	Частота, f	25 – 10^6 Гц
18	Диэлектрическая проницаемость, ε	60-90 Ф/м
19	Характеристическая частота, F_x	2500-5450 кГц

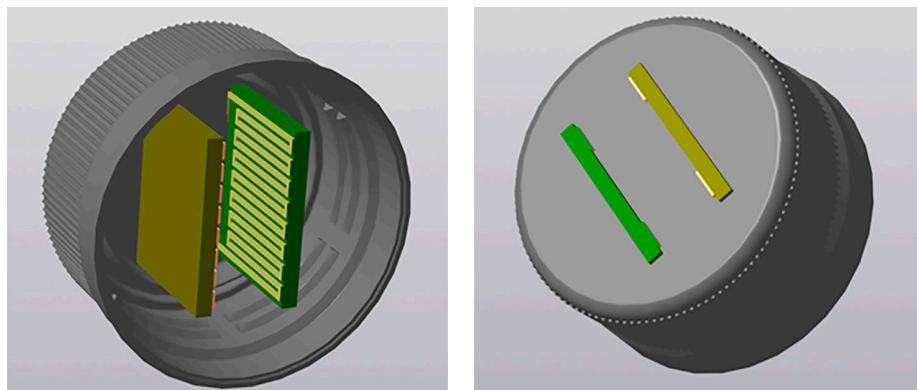


Рис. 2. 3D-модель емкостно-индуктивного датчика-крышки

Совокупность измеренных и вычисленных параметров образца формирует «образ жидкости» (таблица), который уже сравнивается с «образом эталона».

На теле крышки сверху имеются контакты для подключения коммутатора. В зависимости от способа соединения возможно получить как индуктивный, так и емкостный датчик. Предполагается внедрение датчика на этапе фасовки.

Результаты исследования и их обсуждение

Машины фасовочно-укупорочные с предварительным ополаскиванием или же «триблоки» (рисунок 3) – основа автоматизированной линии розлива, совмещающая несколько функций: ополаскивание тары, розлив жидкости и укупоривание. В большинстве случаев производительность всей автоматизированной линии розлива зависит от производительности триблока, а та, в свою очередь, прямо пропорциональна количеству дозирующих головок и обратно пропорциональна объему тары [7].

Так, например, триблоки розлива воды от ЗАО Кропоткинский завод МиССП на 1,5 л, 5 л и 19 л ПЭТ-тары (ТРБ 32-45-12, ТРБ 5 12-12-4 и ТРБ-100-19) имеют максимальную производительность 8000 б/ч (0,45 с на бутылку, 32 ополаскивающие головки, 45 разливные головки), 1500 б/ч (2,4 с на бутылку, 12 ополаскивающих головок, 12 разливных головок) и 100 б/ч (36 с на бутылку, 1 разливная головка).

В процессе работы оборудования держатель ополаскивателя захватывает зажимами горловину бутылки и перемещает ее по кругу, *переворачивая* при этом бутылку вверх дном, а после ополаскивания и стекания жидкости бутылка вновь *переворачивается*, возвращаясь в положение «дном вниз». Чистые бутылки с помощью проме-

жуточной звездочки передаются на подъемные вилки машины розлива и *точно позиционируются* под разливной головкой. Бутылка *поднимается* и *опускается* с помощью кулачкового механизма, и по сигналу с датчика последовательно осуществляется наполнение. Причем контроль дозировки осуществляется как оптически (по уровню), так и гравитационным способом (*по весу*). После окончания процесса наполнения бутылки перемещаются в укупорочный блок, где укупорочные головки совершают *вращательно-поступательное* движение, производится накручивание пробки на горлышко бутылки и, далее, передача бутылки на конвейерную ленту для последующей транспортировки.

Современный триблок розлива уже на данный момент совершает ключевые операции, необходимые для адаптации метода весовой импедансной электрометрии: измерение веса, переворот и подъем/опускание бутылки, точное позиционирование и удерживание крышки. Блок розлива содержит датчик контроля тары и потенциально может быть дополнен контролем температуры, а контроль наполнения по весу позволит осуществить расчет текущей плотности, а также плотностей при стандартных положительных и отрицательных температурах.

Блок укупорки за счет точного позиционирования и фиксации тары кулачковыми механизмами может быть дополнен коммутатором, позволяющим осуществить измерение параметров датчика-крышки «на воздухе», а переворот тары, осуществляемый таким же механизмом, как и при ополаскивании, позволит осуществить замер параметров датчика-крышки «в жидкой среде», вычислении прочих параметров, составлении «образа» исследуемого продукта и сравнение его с «образом» эталона.



Рис. 3. Трибллок розлива воды и напитков в ПЭТ бутылки

С другой стороны, все еще остается нерешенным вопрос о длительности идентификации продукта и, соответственно, влияние на производительность линии розлива, ведь как показывает расчет, в худшем случае, на малых объемах тары, времени на замеры, перевороты и расчеты будет не более 1 с. С увеличением же объема тары время, доступное для проведения идентификации, также увеличивается, однако возрастают требования к механизмам, осуществляющих переворот и транспортировку.

Заключение

Система сплошного выходного контроля качества фасованных продуктов, основанная на экспресс-методе весовой импедансной электрометрии, реализуема при условии модернизации линий розлива, разработки и внедрению датчиков-крышек, а также формирования базы данных, хранящих «образы» исследуемых продуктов.

Список литературы

1. Martynov V.V. Nanotechnology in the "National quality Management system of packaged liquid products" // European Journal of Natural History. 2022. No. 6. P. 17-20.

2. Илихменов А.В., Бадалов Г.В., Белозеров В.В. Модель автоматизированной системы идентификации алкогольных напитков // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018033316> (дата обращения: 28.11.2023).

3. Бадалов Г.В., Белозеров В.В. Методы и средства экспресс-анализа пивной фасованной продукции // Материалы XIV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2022/article/2018029967> (дата обращения: 21.12.2023).

4. Андреев В.В. Результаты исследований молочной продукции методом весовой импедансной электрометрии емкостным датчиком // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018033389> (дата обращения: 28.11.2023).

5. Белозеров В.В., Лукьянов А.Д., Обухов П.С., Абросимов Д.В., Любавский А.Ю., Белозеров Вл.В. Способ экспресс-анализа жидких фасованных продуктов и установка для его осуществления // Патент РФ № 2696810. Патентообладатель ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет». 2019. Бюл. № 22.

6. Усиков С.В., Астратъева Н.В., Васильева Л.К., Карташов Ю.И., Усиков А.С., Фоменко В.В. Способ определения рода жидкостей // Патент РФ № 2383010. Патентообладатель ФГУП «Российский научный центр «Прикладная химия». 2010. Бюл. № 6. 6 с.

7. Мартынов В.В., Донской Д.Ю., Зотов А.А. О методах контроля параметров при розливе и реализации безалкогольных газированных содосодержащих напитков // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3-3. С. 66-71.