

УДК 331.45

## JUSTIFICATION OF RISK-BASED APPROACH OF OPERATION OF MOBILE AGRICULTURAL EQUIPMENT ON EXAMPLE OF DETAILS OF SEPARATE UNITS OF TRACTORS

O. V. Voynalovich, S. M. Holopura

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

*Speciality of article: 133 – industry engineering.*

*Corresponding authors: voynalov@bigmir.net.*

*Article history: Received – April 2020, Accepted – August 2020.*

*Bibl. 15, fig. 5, tabl. 0.*

**Abstract.** It is shown that in order to justify the extension of the service life of the machine beyond the resource set by the developers, it is necessary to focus on the allowable risks of accidents that can lead to accidents. After all, today for mobile agricultural machinery, the operation of which is associated with high-risk work, the concept of acceptable (acceptable) risk is not used, which does not allow to assess the danger of being on fields, farms and roads without machinery, with exhaustion of installed resources.

The purpose of researches is to justify the permissible risk of exploitation of mobile agricultural machinery, in array of details and elements of constructions which have accumulated defects (damage).

This paper analyzes the kinetics of accumulation of operational defects in the array of parts of individual components (systems) of tractors. MTZ-80 tractors (82) were chosen as the object of research, as one of the most common in Ukraine. To detect cracks, a developed eddy current flaw detector was used, the sensitivity of which allowed to find cracks several millimeters or larger in length without preparing the surface of the controlled parts.

It is shown that the kinetic dependences of the accumulation of operational defects in the parts of tractor units in the analyzed range of service life are monotonically increasing, which can be described by exponential functions with a sufficiently high reliability. It is noted that the obtained dependences are similar to the kinetic dependences of the accumulation of static and dynamic (fatigue) damage obtained as a result of laboratory tests of samples of construction materials, which allows to use approaches to the criteria of the limit state of laboratory samples due to the power load to establish the boundary life of mobile agricultural machinery.

However, the kinetics of the intensity of the occurrence of operational cracks in the array of tractor parts is not monotonous and has a maximum in the range of about 11-13 years of operation. This service life can be used as a criterion to stop the operation of the tractor, to carry out defectoscopy of parts and to replace defective parts. With such a long service life of the tractor, there is

the greatest probability of sudden destruction of the tractor components and the creation of emergencies.

**Key words:** technical condition diagnostics, operational defects, risk of exploitation, mobile agricultural equipment, accidents.

### Introduction

According to the current regulations on Occupational safety and Health [1-3], the employer must monitor and assess the technical condition of production equipment (machines, mechanisms, high-risk equipment), ensuring their safe operation. In particular, it is necessary to adhere to the assigned service life (resource) of machines (mechanisms) of increased danger, in case of which they are decommissioned, conduct an expert examination to decide on the establishment of a new service life with or without repair.

### Formulation of problem

It is important not only to establish the degree of efficiency of the machine (mechanism), but also to determine the magnitude of the risk of its operation for the operator or other employees, which should not exceed an acceptable level. Currently, acceptable levels of risk are generally established for industries and subsectors of the economy on the basis of statistics on occupational injuries, as well as for large high-risk facilities for nuclear energy, chemical and metallurgical industries [4-6]. For mobile agricultural machinery, the operation of which also belongs to high-hazard works, the concept of permissible (acceptable) risk is not applied, which does not allow to assess the danger of being on the fields, farms and roads of machinery without safety equipment, with exhaustion of the installed resource.

### Analysis of recent research results

Currently, the issue of assessment and management of production risks in various sectors of the economy of

Ukraine is given considerable attention [3, 4]. These issues were and remain the main ones at conferences, seminars and round tables, where there were issues of improving Occupational safety and Health [5, 6].

Among Occupational safety and Health professionals (scientists, managers of large enterprises with foreign capital, etc.) it is already generally accepted that the recommended measures to prevent occupational injuries and occupational diseases should be based on a risk-based approach.

Extremely important issues of reducing production risks to the level of "zero injury" for exporting companies, because the quality management system, which is crucial for the prospects of promoting the product to consumers in Europe and America, must include an integral part of the production risk management system [2].

However, in many industries, including the agro-industrial complex, the development and implementation of a system of production risk management is in its infancy, and employers consider them too complex and costly [7]. This can be largely explained by the high degree of formalization of basic documents on risk management, both international and domestic.

Trying to cover all types of economic activity in the country and translate international documents as close as possible to the original text, the developers of risk management strategy highlight and enhance the concepts such as "enterprise policy", "process approach", "goals", "analysis and improvement", etc. are abstract for many business leaders.

Also in many aspects, the risk assessment procedure remains unclear for contractors, where it is proposed to determine the significance of existing hazards, predict the severity of losses from possible accidents and incidents, adjust accident prevention plans without clear criteria for individual stages [8].

Risk assessment in the workplace, if this procedure is not carried out formally, involves the involvement of managers of all levels of the management vertical and employees of the enterprise [9].

They also need to explain the interaction of all actors in the production risk management system, the validity of each of the elements, that is to make the production risk management system a clear and effective tool for preventing occupational injuries and diseases [10].

To initiate work on risk management by order of the Director, a working and expert group on risk management is created, which includes leading specialists with high qualifications, experience in building and managing a quality management system and able to perform work on developing a management system and continuous risk control [11].

In this aspect, it is important to illustrate the training of employees on the implementation of the production risk management system - that is, along with the dry text of legal documents, employees should use flowcharts, comparative tables, formalized figures, which will highlight and clearly describe the basic and auxiliary concepts, to present the general course of executive operations, to systematize documents, etc [12-15].

## Purpose of research

To substantiate and present in the form of block diagrams the main procedures for assessing and managing production risks to increase the level of perception by employees (students, listeners) of the principles of risk-oriented approach in Occupational safety and Health.

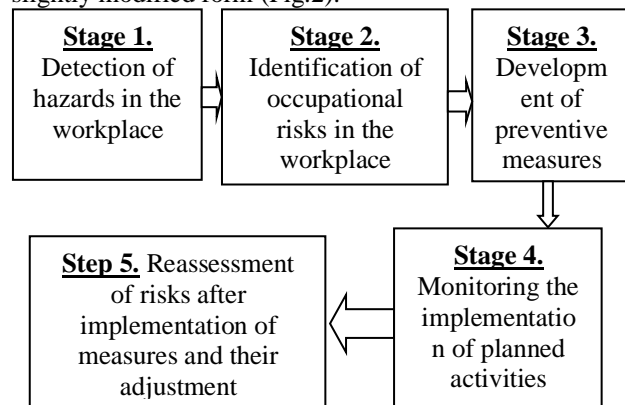
## Research results

In accordance with the principles set out in Annex D of the British Standard BS 8800, the procedure for assessing industrial risks can be presented as block diagram (Fig. 1). The block diagram shows the main stages of the procedure for assessing production risks and proposes as a final result to develop a plan of appropriate occupational safety measures with its necessary adjustment in case of changes in the parameters of the production environment and conditions of work.



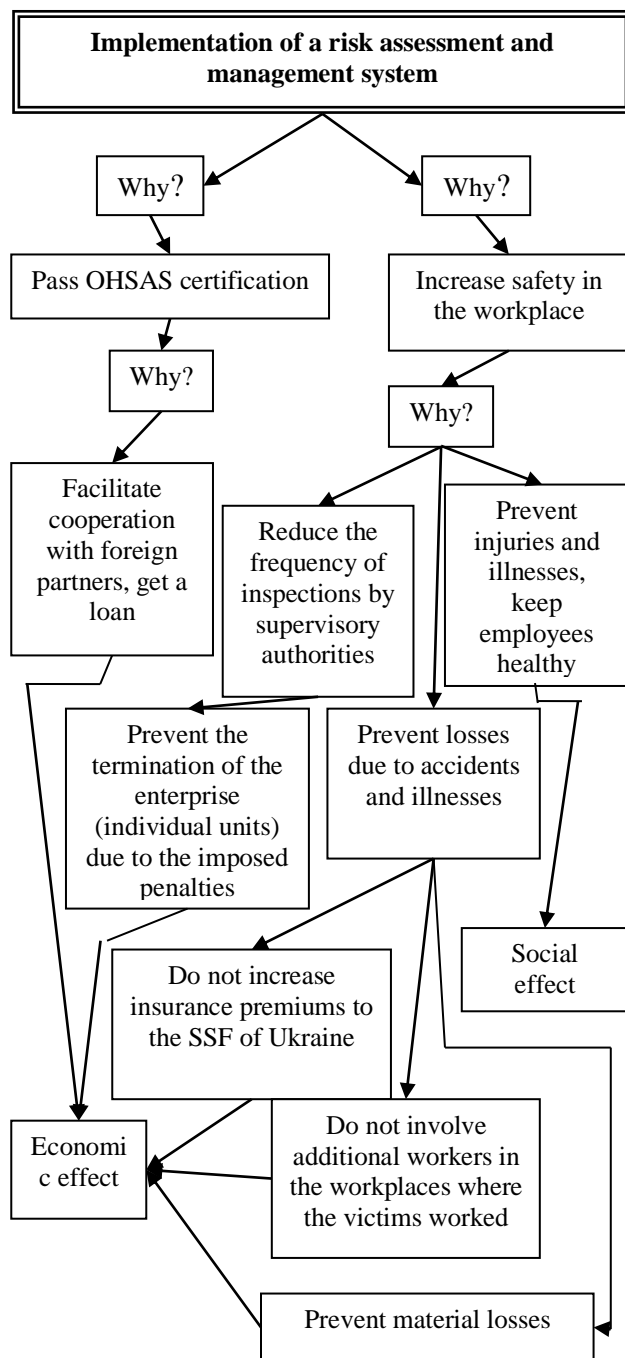
**Fig. 1.** The procedure for assessing industrial risks in the workplace.

The same algorithm can be represented visually in a slightly modified form (Fig.2).



**Fig. 2.** Algorithm for assessing industrial risks in the workplace.

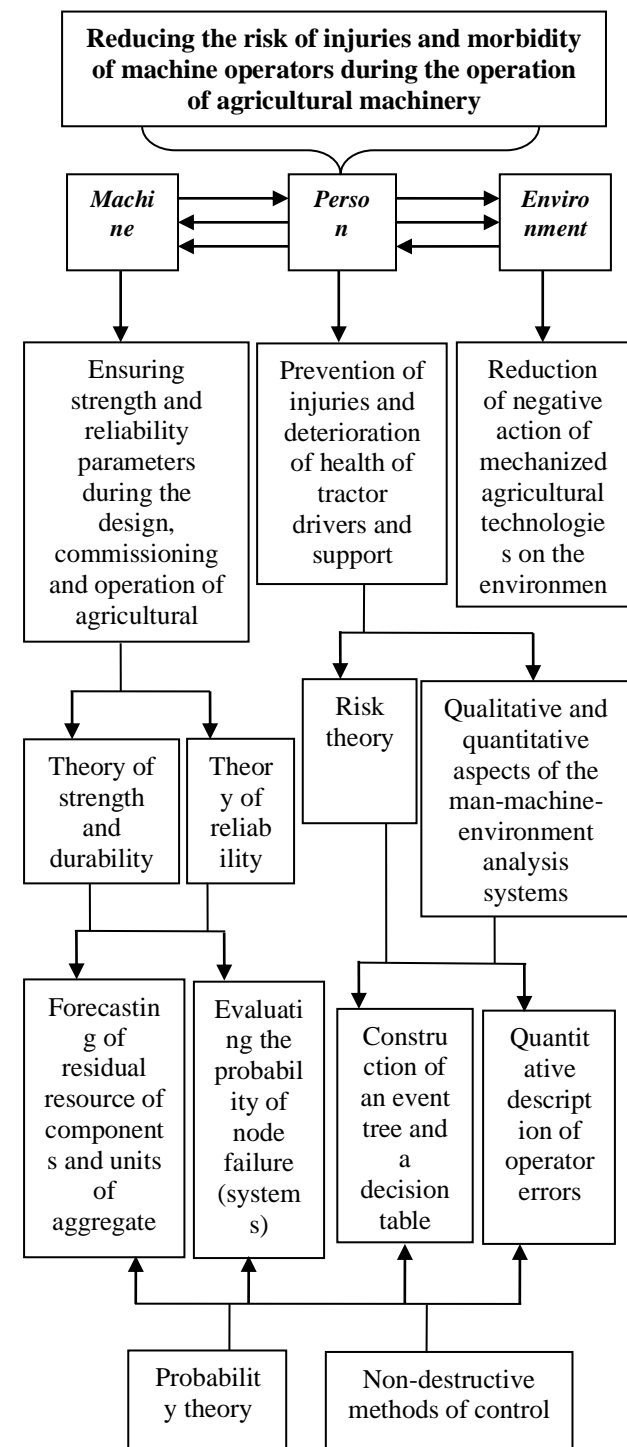
Indicative is the block diagram in fig. 3, which presents two different approaches to the implementation of the enterprise risk assessment and management system.



**Fig. 3.** Socio-economic orientation of measures within the system of risk assessment and risk management of the enterprise.

In the block diagram of fig. 4 shows the directions (reliability of equipment and Occupational safety and Health) of the modern methodology of analysis of the system "machine - man - environment", based on the same probabilistic models for assessing the risk of failure or the risk of accidents [12]. Therefore, to assess the risk of accidents, it is necessary to use developed methodologies of the theory of reliability, based on statistics of machine or equipment failures, in particular obtained by defectoscopic control methods, which is

especially relevant for forecasting the technical condition of long-term units.



**Fig. 4.** Methodology for reducing the risk of injuries and occupational diseases of machine operators during the exploitation of mobile agricultural machinery.

Repair shops and maintenance departments of agricultural enterprises, inspections of state technical supervision over the condition of tractors and other agricultural machines must be equipped with such flaw detectors. Based on the results of the inspection, it is necessary to compile and constantly update the database of places of potential defects in the details of the units of

agricultural units. Separate correctly formed databases can be generalized, which will allow to quickly assess the risk of further operation of mobile agricultural machinery after detection of cracks of critical or subcritical length.

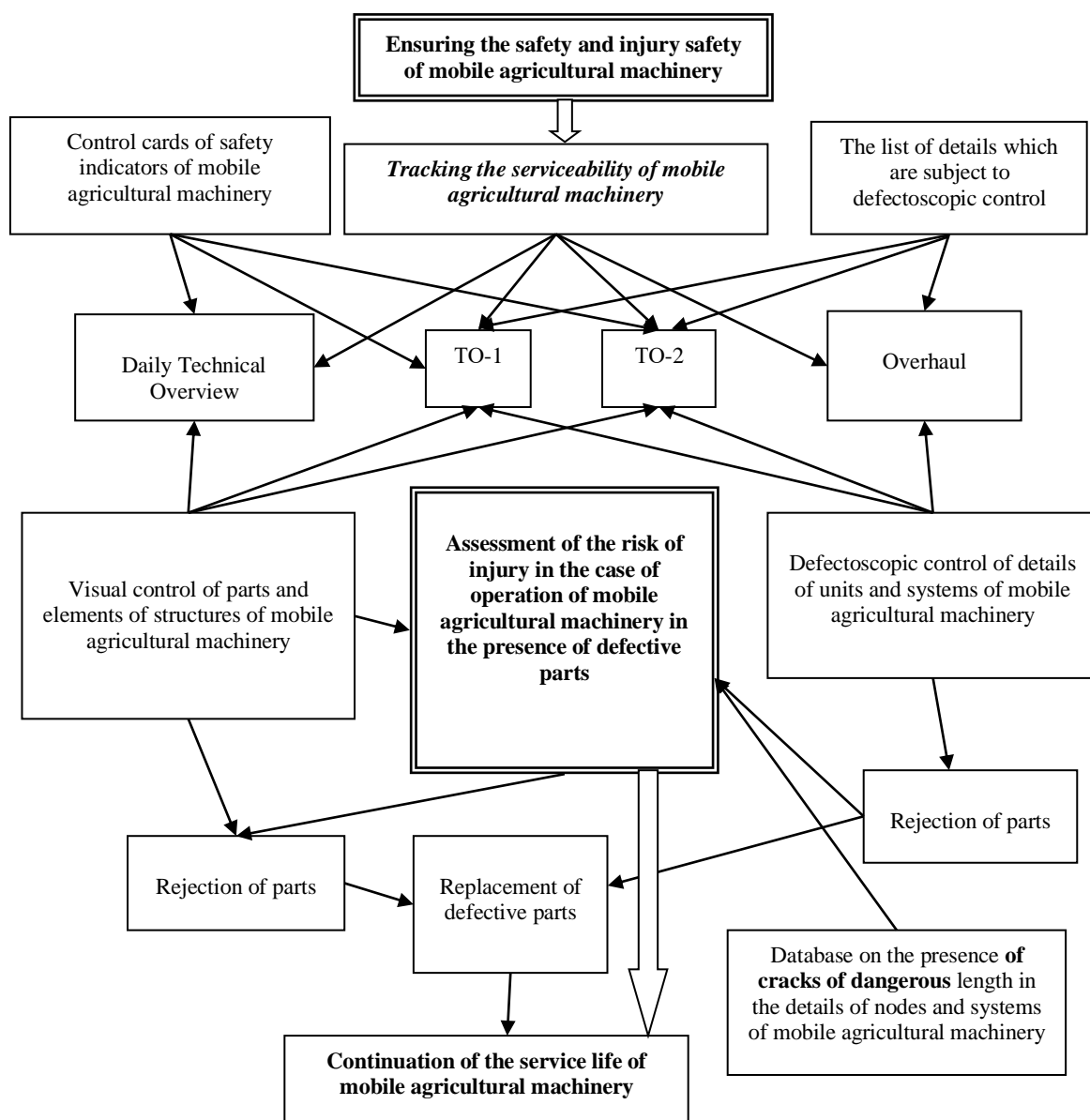
The given examples of block diagrams allow to reveal the basic directions of stages of the process approach in an estimation of industrial risks.

The procedure for assessing the degree of serviceability of mobile agricultural machinery is presented in fig. 5. Such procedures must be performed in stage 1 (Fig. 2), identifying hazards in the workplace.

Managers of agricultural enterprises must organize proper control over the technical condition of mobile agricultural units. In particular, this applies to units that have been in operation for a long time [13].

To control the defects of parts and structural elements of agricultural units (to detect visible damage, dents and cracks) are now mostly used visual inspection.

Instrumental control is to determine with a ruler or caliper changes in configuration and size (magnitude of the surface, curvature, twist, beating, warping, non-perpendicularity and other violations of the mutual arrangement of axes and surfaces) parts. At the same time, in the practice of maintenance and repair of agricultural machinery it is important to introduce modern defectoscopic devices that allow to find hidden defects (cracks, sinks, unboiled places, etc.), which can cause sudden equipment failures and emergencies that lead to accidents.



**Fig. 5.** Algorithm for assessing the serviceability of mobile agricultural machinery

The study of the principles of the system of assessment and management of industrial risks at the enterprise is aimed not only at acquainting employees with the practical aspects of risk-oriented approach, but also at mastering a high level of knowledge and skills in

occupational safety. All employees of the enterprise must ensure compliance with occupational safety and health standards, guided by current regulations on Occupational safety and Health, being able to develop and implement

them taking into account the existing hazards and residual risks in the workplace.

### Conclusions

1. One of the conditions for the effectiveness and efficiency of risk management in the enterprise is the establishment and maintenance of an appropriate system of implementation, control and evaluation of this process. The function of organizing the risk management process, providing it with the necessary resources, including qualified personnel, systematic monitoring and evaluation of risk management activities is the responsibility of senior management. The risk management process is integrated into the overall system of interacting processes of the agricultural enterprise.

2. Block diagrams of basic procedures for assessing and managing production risks allow increase the level of perception by employees (students, listeners) of the principles of risk-oriented approach in Occupational safety and Health.

### References

1. Safety and health requirements when using production equipment by employees. (2017). Ministry of Social Policy of Ukraine, 28.12.2017. № 2072.
2. Avramenko N. L., Berezovetsky A. P., Gorodetsky I. M., Timochko V. O. (2009). Security of labor relations in the conditions of reforming the economy of Ukraine: col. Monograph, for science. ed. Assoc. V.I. Fedorchuk-Moroz. Ukraine, Lutsk: IVV Lutsk NTU, 192.
3. Lysiuk M. O. (2018). Management of risk safety of labor on different levels. Problems of labor protection in Ukraine: Collection of scientific works. Kyiv: NNDIP-BOP. Issue 34, 95-105.
4. Khalil V. V., Gliva V. A. (2016). Audit of safety risks in the workplace. Technological audit and production reserves. 2/3 (28). 12-17.
5. Moskvina E. A., Izvekov Yu A., Gugina E. M., Shemetova V. V. (2019). Model analysis of damage characteristics of complex technical systems of a metallurgical enterprise. Modern science-intensive technologies. № 3-2, 217-221.
6. Tymochko V. O., Gorodetsky I. M., Berezovetsky A. P. (2018). Risk assessment during work on metalworking machines of the turning group. Bulletin of Lviv National Agrarian University: agroengineering research, № 22, 22-29.
7. Gorodetsky I. M., Mazur I. B., Gorodetskaya N. G., Berezovetsky A. P. (2017). The influence of circumstances on the formation of dangerous situations of agricultural production]. Bulletin of Lviv National Agrarian University: agro-engineering research, № 21, 162-166.
8. Polyansky O. S., Voynalovych O. V., Motrich M. M. (2018). Estimation of danger of operation of agricultural units according to data of defectoscopy of details. Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, 190, 185-192.

9. Voinalovych O., Hnatiuk O., Rogovskii I., Pokutnii O. (2019). Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. Engineering for rural development. 18. 563-269.

10. Makhutov N. A. (2017). Security and risks: system research and development. Novosibirsk: Science, 2017. 724.

11. Denisenko A. M., Grinchenko G. S., Burdeyna V. M., Lys Yu. S. (2019). Methods of risk management for the quality management system in the manufacture of medical devices. Control, navigation and communication systems. 3 (55), 25-30.

12. Rogovskii I. L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 399-407.

13. Novitsky A. V. (2015). A study of the dynamics of changes in the reliability of a complex system "Man - Machine". Collection of scientific works "SWorld". Vol. 6. Issue. 1 (38), 2015. 74-78.

14. Rogovskii Ivan. (2016). Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 18(3). 155-164.

15. Polyansky O. S., Kirienko M. M., Zadorozhnyia V. V., Pereverzeva L. M. (2019). Innovative developments in the agricultural sphere. Youth and technical progress in APV. (April 4, 2019). Kharkiv: KhNTUSG, 2. 274.

### Список літератури

1. Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 28.12.2017 р. № 2072.
2. Авраменко Н. Л., Березовецький А. П., Городецький І. М., Тимочко В. О. Безпека трудових відносин в умовах реформування економіки України: кол. монографія / за наук. ред. доц. В. І. Федорчук-Мороз. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2019. 192 с.
3. Lysiuk M. O. Management of risk safety of labor on different levels. Проблеми охорони праці в Україні: Збірник наукових праць. Київ: ДУ «ННДІПБOP». 2018. Вип. 34. С. 95-105.
4. Халіль В. В., Глива В. А. Аудит ризиків безпеки на робочому місці. Технологічний аудит и резервы производства. 2016. Вип. 2/3(28). С. 12-17.
5. Москвина Е. А., Извеков Ю. А., Гугина Е. М., Шеметова В. В. Модельный анализ характеристик ущерба сложных технических систем металлургического предприятия. Современные наукоемкие технологии. 2019. № 3-2. С. 217-221.
6. Тимочко В. О., Городецький І. М., Березовецький А. П. Оцінка ризику під час роботи на металообробних верстатах токарної групи. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2018. № 22. С. 22-29
7. Городецький І. М., Мазур І. Б., Городецька Н. Г., Березовецький А. П. Вплив обставин на формування небезпечних ситуацій аграрного виробницт-

ва. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2017. № 21. С. 162-166.

8. Полянський О. С., Войналович О. В., Мотрич М. М. Оцінювання небезпеки експлуатації сільськогосподарських агрегатів за даними дефектоскопії деталей. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Вип. 190. С. 185-192.

9. Voinalovich O., Hnatiuk O., Rogovskii I., Pokutnii O. Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. Engineering for rural development. 2019. Vol. 18. P. 563-269.

10. Махутов Н. А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука. 2017. 724 с.

11. Денисенко А. М., Грінченко Г. С., Бурдейна В. М., Лис Ю. С. Методика управління ризиками для системи управління якістю при виготовленні виробів медичного призначення. Системи управління, навігації та зв'язку. 2019. Вип. 3(55). С. 25-30.

12. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399-407.

13. Новицкий А. В. Исследование динамики изменения показателей надежности сложной системы «Человек – Машина». Сборник научных трудов «SWorld». 2015. Т. 6. Вып. 1 (38). С. 74-78.

14. Rogovskii Ivan. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18. No 3. P. 155-164.

15. Полянський О. С., Кірієнко М. М., Задорожня В. В., Переверзева Л. М. Інноваційні розробки в аграрній сфері. Молодь і технічний прогрес в АПВ (4 квіт. 2019 р.). Харків : ХНТУСГ, 2019. Т. 2. С. 274.

#### ОБГРУНТУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ, НА ПРИКЛАДІ ДЕТАЛЕЙ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ТРАКТОРІВ

О. В. Войналович, С. М. Голопура

**Анотація.** Показано, що для обґрунтування продовження термінів експлуатації машини поза встановлений розробниками ресурс необхідно орієнтуватися на допустимі ризики щодо настання аварійних ситуацій, які можуть призвести до нещасних випадків. Адже нині для мобільної сільськогосподарської техніки, експлуатація якої належить до робіт підвищеної небезпеки, поняття допустимого (прийнятного) ризику не застосовують, що не дозволяє оцінити небезпеку перебування на полях, фермах і дорогах машин без технічних засобів безпеки, з вичерпанням встановленого ресурсу.

Мета досліджень – обґрунтувати допустимий ризик експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки, у масиві деталей та елементів конструкцій якої накопичилися дефекти (пошкодження).

У даній роботі проаналізовано кінетику накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей окремих вузлів (систем) тракторів. Як об'єкт досліджено було вибрано трактори МТЗ-80(82), як одні з найбільш поширених в Україні. Для виявлення тріщин використано розроблений вихорострумний дефектоскоп, чутливість якого дозволяла знаходити тріщини довжиною кілька міліметрів та більші без підготовки поверхні контрольованих деталей.

Показано, що кінетичні залежності накопичення експлуатаційних дефектів у деталях вузлів тракторів у проаналізованому діапазоні тривалості експлуатації є монотонно збільшуваними, які можна описати експоненційними функціями з достатньо високою достовірністю. Відмічено, що отримані залежності подібні до кінетичних залежностей накопичення статичного і динамічного (втомного) пошкодження, отриманих в результаті лабораторних випробувань зразків конструкційних матеріалів, що дозволяє використати підходи щодо критеріїв граничного стану лабораторних зразків внаслідок силового навантаження для встановлення граничних термінів експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки.

Разом з тим кінетика інтенсивності зародження експлуатаційних тріщин у масиві деталей тракторів не є монотонною і має максимум у діапазоні близько 11-13 років експлуатації. Даний термін експлуатації може бути використаний як критерій для припинення експлуатації трактора, проведення дефектоскопії деталей та заміни дефектних деталей. За такої тривалості експлуатації трактора існує найбільша ймовірність раптового зруйнування вузлів трактора та створення аварійних ситуацій.

**Ключові слова:** діагностування технічного стану, експлуатаційні дефекти, ризик експлуатації, мобільна сільськогосподарська техніка, нещасні випадки.

#### ОБОСНОВАНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ТРАКТОРОВ

А. В. Войналович, С. Н. Голопура

**Аннотация.** Показано, что для обоснования prolongации сроков эксплуатации машины вне установленный разработчиками ресурс необходимо ориентировать на допустимые риски наступления аварийных ситуаций, которые могут привести к несчастным случаям. Ведь сейчас для мобильной сельскохозяйственной техники, эксплуатация которой относится к работам повышенной опасности, понятие допустимого (приемлемого) риска не применяют, он не позволяет оценить опасность пребывания на полях, фермах и дорогах машин без технических средств безопасности, с исчерпанием установленного ресурса.

Цель исследований – обосновать допустимый риск эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники, в массиве деталей и элементов конструкций у которой накопились дефекты (повреждения).

В данной работе проанализированы кинетика накопления эксплуатационных дефектов в массиве деталей отдельных узлов (систем) тракторов. В качестве

объекта исследований было выбрано трактора МТЗ-80 (82), как одни из наиболее распространенных в Украине. Для выявления трещин использовано разработан вихретоковый дефектоскоп, чувствительность которого позволяла находить трещины длиной несколько миллиметров и больше без подготовки поверхности контролируемых деталей.

Показано, что кинетические зависимости накопления эксплуатационных дефектов в деталях узлов тракторов в проанализированном диапазоне продолжительности эксплуатации является монотонно увеличивающийся, которые можно описать экспоненциальной функцией с достаточно высокой достоверностью. Отмечено, что полученные зависимости подобные кинетических зависимостей накопления статического и динамического (устойчивого) повреждения, полученных в результате лабораторных испытаний образцов конструкционных материалов, что позволяет использовать подходы относительно критериев предельного состояния лабораторных образцов вследствие силовой нагрузки для установления предельных сроков эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники.

Вместе с тем кинетика интенсивности зарождения эксплуатационных трещин в массиве деталей тракторов не является монотонной и имеет максимум в диапазоне около 11-13 лет эксплуатации. Данный срок эксплуатации может быть использован в качестве критерия для прекращения эксплуатации трактора, проведения дефектоскопии деталей и замены дефектных деталей. При такой продолжительности эксплуатации трактора существует наибольшая вероятность внезапного разрушения узлов трактора и создания аварийных ситуаций.

**Ключевые слова:** диагностирование технического состояния, эксплуатационные дефекты, риск эксплуатации, мобильная сельскохозяйственная техника, несчастные случаи.

**О. В. Войналович** ORCID 0000-0002-9321-2672.

**С. М. Голопура** ORCID 0000-0001-9531-5344.

