

## ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 656.13:338.47

**КРАВЧЕНКО ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

**КОРНЕЕВ ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ**, канд. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: tsmio@ramber.ru

**ЗАХАРОВА МАРГАРИТА СЕРГЕЕВНА**, аспирант<sup>1</sup>

E-mail: ritik68rus@mail.ru

**АХМЕТОВ ТИМУР АЗАТОВИЧ**, аспирант<sup>1</sup>

E-mail: akhmetovtimur.msc@gmail.com

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

### МЕТОДИКА ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ ПАРКОВ

Выяснилось, что для рациональной организации сельскохозяйственных работ большое значение имеет правильное оснащение предприятия парком машин. Анализ показал, что существует множество факторов, влияющих на увеличение затрат на эксплуатацию машинно-тракторного парка (МТП). Кроме того, в существующих парках отмечено большое количество однотипных машин, которые не эксплуатируются на полную мощность. Это, как правило, определяется их частыми отказами из-за физического старения и щадящего режима использования. Выявлено, что в среднем 30 процентов парка техники простаивало или находилось в ремонте. В работе проведен расчет, определяющий минимум эксплуатационных затрат на поддержание техники в исправном состоянии. Приведено возможное решение проблемы оптимизации МТП. Определены основные критерии оптимизации МТП. Выявленные закономерности износа и отказов сельскохозяйственной техники в зависимости от природно-климатических условий, возраста и условий работ позволили разработать методику определения оптимального состава МТП с возможностью его обновления. Это позволяет рационально использовать ремонтные мощности предприятий, обеспечивать работоспособность эксплуатируемых парков машин, а также минимизировать затраты на их содержание в работоспособном состоянии и свести к минимуму внезапные отказы. Установлено, что учет климатических, возрастных и эксплуатационных факторов при формировании МТП путем введения поправочных коэффициентов позволяет прогнозировать возможную производительность и вероятность отказа с достаточной степенью точности. С использованием математических моделей определен оптимальный состав парка специализированной (сельскохозяйственной) техники для выполнения прогнозируемого объема работ. Предложено экономическое обоснование выбора типа «Приобрести в парк новую машину или продолжать эксплуатировать имеющуюся» при помощи математических методов. Разработан алгоритм формирования МТП по критерию минимума стоимости единицы объема сельскохозяйственных работ.

**Ключевые слова:** оптимизация машинно-тракторного парка, критерии оптимизации, влияние возраста сельскохозяйственных машин на надежность, влияние времени года на производительность сельскохозяйственной техники.

**Введение.** Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг. [1] предусматривает инновационное развитие АПК, обеспечивающее высокую эффективность. В настоящее время темпы обновления АПК находятся на уровне 2007 г.

Так, в 2012 г. ежегодные затраты на ремонт техники превысили 50 млрд руб., а на закупку запасных частей – более 30 млрд руб. [2–4]. Большое количество технических средств, эксплуатируемых в сельском хозяйстве, значительно изношены и имеют низкие показатели технической готовности. Поддержание машинно-тракторного парка АПК в исправном со-

стоянии в значительной степени зависит от уровня развития и условий функционирования материально-технической базы сервисных предприятий.

В сложившейся ситуации, когда существующие парки устарели, и при этом отсутствуют возможности полной замены машин, на первое место выйдут технические и экономические критерии.

**Цель исследования** – разработать методику выбора критериев оптимизации машинно-тракторных парков по критерию минимума затрат на техническое обеспечение.

**Материалы и методы.** Методика исследования основана на математической модели расчета и построении зависимости затрат на ТО и Р тракторов от времени года. Введение данного алгоритма позволяет оптимизировать состав машинно-тракторных парков по критерию минимума стоимости единицы объема работ.

**Результаты и обсуждение.** В сельском хозяйстве в качестве единицы объема работ удобно использовать 1 условный (эталонный) гектар.

Составляем целевую функцию по критерию минимума доли затрат на техническое обеспечение:

$$C_m = C_{1га} + C_{нов} + C_{им} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_{1га}$  – стоимость 1 га объема работ, руб.;  $C_{нов}$  – затраты на эксплуатацию новых машин в парке, руб.;  $C_{им}$  – затраты на эксплуатацию имеющихся в парке сельскохозяйственных машин со средним уровнем износа, руб.

Для построения математической модели формирования парков сельскохозяйственных машин можно допустить, что известны предполагаемые физические объемы работ, их технологическая структура, номенклатура средств механизации, необходимых для выполнения работ, затраты на обслуживание и выработка каждой конкретной машины [5, 6].

Для оптимизации решений определены исходные данные, структурная схема которых приведена на рисунке 1.

Алгоритм определения оптимального парка техники включает в себя:

1. Расчет усредненной годовой выработки каждого типоразмера машин:

$$B_{sj} = \sum_{i=1}^n B_{sij} p_{ij}, \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (2)$$

где  $B_{sij}$  – годовая выработка  $i$ -го типоразмера машин на  $j$ -м объекте, га, км, т;  $p_{ij}$  – априорная вероятность использования  $i$ -го типоразмера машин на  $j$ -м объекте.

Годовая выработка может определяться аналитическими методами с введением вероятностных коэффициентов и математического моделирования [7, 8].

2. Расчет продолжительности работ машины  $i$ -го типоразмера:

$$n_{ij} = \frac{V_j}{P_{ij}}, \quad (3)$$

где  $n_{ij}$  – продолжительность работ машины  $i$ -го типоразмера, смен;  $V_j$  – объем работ, га, км, т;  $P_{ij}$  – производительность машины в данных условиях при  $j$ -м объеме работ, га/смена, км/смена, т/смена.

3. Сравнение продолжительности работ с требуемой по графику производства работ:

$$n_j^{пл} - n_{ij} \geq 0, \quad (4)$$

где  $n_j^{пл}$  – плановая продолжительность работ при  $j$ -м объеме работ, дней;  $n_{ij}$  – расчетная продолжительность работ, выполняемых  $i$ -й машиной при  $j$ -м объеме работ, дней.



Рис. 1. Структура исходных данных для расчета

Для рассмотрения технологических резервов составляется модель выполнения объемов работ (рис. 2). При этом входными критериями являются технические характеристики машины, характеристики условий производства работ, максимальные

пути перемещения техники при производстве работ, дополнительные условия, ограничивающие производительность [9, 10]. Выходными показателями являются продолжительности работ и возможные резервы времени.

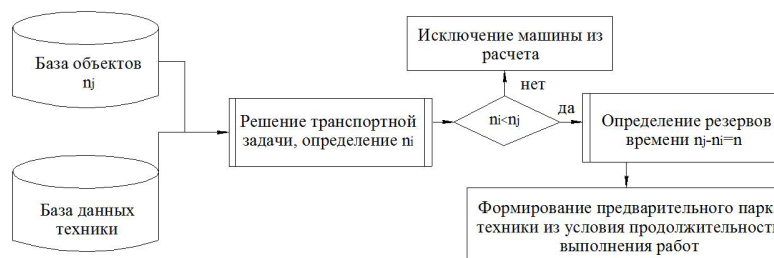


Рис. 2. Выбор машин исходя из требований продолжительности работ

4. Определение удельных затрат на выполнение работ:

$$y_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(C_{ij} \cdot X_{ij} \cdot k_{ti} \cdot k_{vi} \cdot k_{ri})}{V_j} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где  $y_{ij}$  – удельные затраты на выполнение работ, руб/га, руб/км, руб/т;  $C_{ij}$  – совокупные затраты на эксплуатацию, обновление и ремонт на ед. объемов работ, руб.;  $X_{ij}$  – количество машин  $i$ -го типоразмера, ед.;  $k_{ti}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на удорожание работ;  $k_{vi}$  – коэффициент, учитывающий влияние возраста техники на стоимость эксплуатации;  $k_{ri}$  – коэффициент, учитывающий влияние условий эксплуатации и структуры работ;  $V_j$  – объем сельскохозяйственных работ, га, км, т (например, площадь пашни, га; расстояние между полями, км; норма внесения удобрений, т, и т.д.).

Для наиболее эффективной работы системы необходимо определить не только эксплуатационные затраты, но и затраты на обновление техники с минимальными потерями для эксплуатирующих организаций [11].

Коэффициент, учитывающий влияние температуры на удорожание работ ( $k_{ti}$ ), определяется исходя из следующих предпосылок.

Наиболее простым является метод соотношения затрат на ремонт и техническое обслуживание от температуры и времени года (рис. 3).

Построив диаграмму, получаем уравнение регрессии для определения значения коэффициента от температуры:

$$k_{ti} = (1 + y/100) = 8 \cdot 10^{-6} \cdot x^6 - 35,8 \cdot 10^{-5} \cdot x^5 + 58,87 \cdot 10^{-4} \cdot x^4 - 47,44 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 + 19,37 \cdot 10^{-2} \cdot x^2 - 37,283 \cdot 10^{-2} \cdot x + 1,34008.$$

Коэффициент, учитывающий влияние возраста техники на стоимость эксплуатации ( $k_{vi}$ ), определяем по формуле:

$$k_{vi} = \frac{n_{отк} + n_{год}}{n_{год}}, \quad (6)$$

где  $n_{отк}$  – количество дней простоя из-за отказов в год, дней;  $n_{год}$  – количество рабочих дней в году, дней.

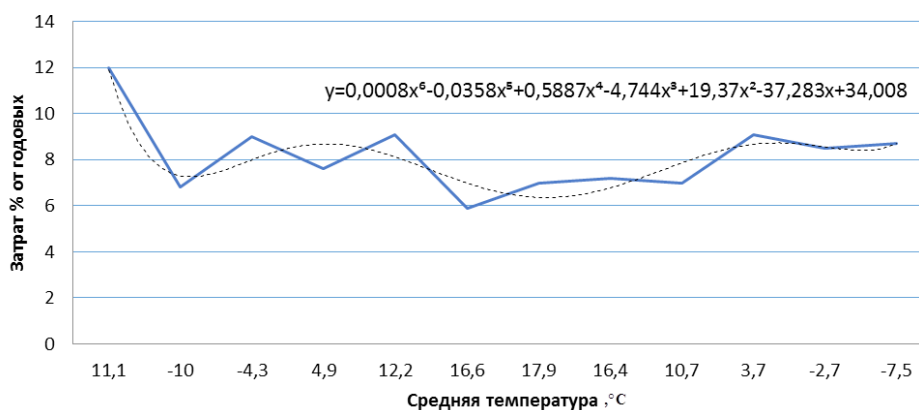


Рис. 3. Зависимость затрат на ТО и Р тракторов от времени года

При определении коэффициента  $k_{ri}$  следует учитывать, что за отказ принимается неисправное состояние машины, и  $k_{ri}$  находится в пределах  $1 \leq k_{ri} \leq 2$ , т.е. число 1 – не произошло ни одного отказа, и дополнительные затраты не потребуются; 2 – произошло 365 отказов, и машина простояла в ремонте весь год.

Тогда для вычисления коэффициента необходимо решить систему уравнений:

$$k_{ri} = \begin{cases} 1, P(S_{365} = 0) = C_{365}^0 \cdot p^0 \cdot (1-p)^{365-0} \\ k_r, P(S_k = x) = C_k^x \cdot p^x \cdot (1-p)^{k-x} \\ 2, P(S_{365} = 365) = C_{365}^{365} \cdot p^{365} \cdot (1-p)^{365-365} \end{cases} \quad (7)$$

5. Выбирается машина с минимальными удельными затратами по выполнению объемов работ.

6. Машина ставится на обслуживание и на период работы исключается из расчета. При этом объем работ вычитается из годовой выработки для данной машины [12, 13].

7. После выполнения работ машина освобождается и снова попадает в расчет, при этом, помимо удельных затрат, сравниваются остаточные ресурсы машин (наработка).

8. Определяются суммарные затраты на выполнение всего объема работ.

9. Рассчитываются наработки для каждой машины, исключаются те из них, у которых она на конец расчетного периода превышает 30%, и производится повторный расчет.

Для распределения машин во времени используется счетчик машино-смен, который позволяет строить календарный график эксплуатации машин, что в свою очередь облегчает планирование и проведение ТО и Р техники [14].

10. Определяются минимумы приведенных затрат для  $i$ -го типоразмера при работе по формуле (3).

11. Вычисляются оптимальные объемы работ, выполняемые каждым типоразмером машин.

12. Производится уточненный расчет эксплуатационных затрат и выбирается оптимальный парк техники с минимальными показателями.

13. При необходимости производится повторный расчет с включением новых машин и оборудования или замены одних машин другими многофункциональными.

Таким образом, вышеизложенный алгоритм позволяет учитывать природно-климатические, экономические и возрастные факторы, увеличивающие затраты на эксплуатацию машинно-тракторного парка. Алгоритм позволяет обеспечить наиболее эффективное использование машин для различных условий деятельности сельскохозяйственных предприятий.

### Выводы

1. В настоящее время парки комплектуются машинами с разным техническим состоянием, возрастом и техническими характеристиками. Этот факт

серьезно отражается как на продолжительности, сложности, так и на стоимости выпускаемой продукции.

2. Предложенный в работе алгоритм позволяет оптимизировать состав машинно-тракторных парков по критерию минимума стоимости единицы объема работ с учетом их старения, условий эксплуатации и структуры выполняемых работ.

### Библиографический список

1. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства РФ. М.: Правительство РФ, 2012 г. 173 с.

2. Терентьева О.Н. Современная организация системы материально-технического обеспечения регионального сельского хозяйства // Экономический анализ. Теория и практика. № 23 (278). М., 2012. С. 51–60.

3. Формирование инвестиционного механизма в сфере технического сервиса в сельском хозяйстве: Монография / Под общ. ред. В.И. Черноиванова. М.: ГОСНИТИ, 2013. 298 с.

4. Кравченко И.Н. Методика оценки технического состояния машин и технологического оборудования для специального строительства: Монография / И.Н. Кравченко, С.В. Карцев, М.Н. Ерофеев. Балашиха: Изд-во ВТУ при Федеральном агентстве специального строительства, 2008. 98 с.

5. Прохоров С.В. Инновационный подход к формированию парков техники строительных организаций: Монография / С.В. Прохоров, Б.Г. Ким // Инновации в строительстве и архитектуре. ВлГУ, 2011. С. 168–184.

6. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в современных условиях / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В. Федоренко и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 336 с.

7. Borshchev A. The big book of simulation modeling: multimethod modeling with Anylogis 6 / A. Borshchev. Hardcover: Anylogis North America, 2013. 614 p.

8. Grigoryev I. Anylogis 7 in three days: a quick course in simulation modeling / I. Grigoryev. Amazon Digital Services, Inc., 2014. 210 p.

9. Законодательная и нормативная база при сертификации и лицензировании в сфере производства и сервиса технологических машин и оборудования. В 2 ч. Ч. 2 / С.А. Соловьев, В.И. Игнатов, В.С. Герасимов и др. М.: ФГБНУ ГОСНИТИ, 2015. 228 с.

10. Голубев И.Г. Опыт импортозамещения запасных частей зарубежной сельскохозяйственной техники / И.Г. Голубев, П.И. Носихин, А.Ю. Фадеев. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 32 с.

11. Об утверждении плана мероприятий по содействию импортозамещению в сельском хозяйстве на 2014–2015 гг.: Распоряжение Правительства РФ. М.: Правительство РФ, 2014. 9 с.

12. Соловьев Р.Ю. Актуальность проблемы импортозамещения в техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Р.Ю. Соловьев, С.А. Горячев // Техника и оборудование для села. 2014. № 12. С. 24–26.

13. Липницкий Т. Импортозамещение как фактор обеспечения экономического развития агропро-

изводства / Т. Липницкий // АПК: экономика, управление. 2014. № 3. С. 63–67.

14. Милосердов В.В. Продовольственная безопасность и импортозамещение / В.В. Милосердов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2015. № 2. С. 2–7.

Статья поступила 22.03.2016

## METHODS FOR SELECTING CRITERIA TO OPTIMIZE FARM-MACHINERY STOCK FORMATION

**IGOR N. KRAVCHENKO**, PhD (Eng), Professor<sup>1</sup>

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

**VICTOR M. KORNEYEV**, PhD (Eng), Professor<sup>1</sup>

E-mail: tsmio@ramber.ru

**MARGARITA S. ZAKHAROVA**, PhD student<sup>1</sup>

E-mail: ritik68rus@mail.ru

**TIMUR A. AKHMETOV**, PhD student<sup>1</sup>

E-mail: akhmetovtimur.msc@gmail.com

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

It has been found that optimizing the performance of agricultural operations requires to a great extent the optimal provision of farm machinery stock (FMS). The analysis has shown that there are many factors affecting the increased FMS operating costs. In addition, the existing stocks feature a large number of identical machines, which are not operated at full capacity. As a rule, this is determined by their frequent refusals because of physical aging and partial load mode of use. It has been revealed that 30 percent of the stock on average has been idle or under repair. The authors have made a calculation to determine the minimum operating costs of maintaining equipment in good condition. Moreover, they offer a possible solution to optimization problems of farm machinery stock. The main criteria for optimization of farm machinery stock have been defined as well. The identified patterns of farm machinery wear and failure depending on climatic conditions, age, and operating conditions have made it possible to develop a methodology of determining the optimal composition of the farm machinery stock with a possibility of its upgrading. This provides for the efficient use of repair capacity of farm enterprises, ensures the efficiency of farm machinery stock operation, as well as minimizes expenses on its maintenance in serviceable condition and sudden failures. It has been found that taking into account climatic, age and operational factors in the FMS formation by introducing correction factors, allows predicting probable performance and failures with a reasonable degree of accuracy. Using mathematical models the authors have determined the optimal stock of specialized (farm) machinery to perform the estimated workload. The authors have also proposed economic substantiation for selecting between "buying a new machine, or keep on using the existing one" with the help of mathematical methods. They also present an elaborated algorithm of forming farm machinery stock using the criterion of minimum cost per unit of farm work load.

**Key words:** optimization of farm machinery stock, optimization criteria, impact of farm machinery age on its reliability, impact of seasonality on farm machinery performance.

### References

1. O Gosudarstvennoy programme razvitiya sel'skogo khozyaystva i regulirovaniya rynkov sel'sko-khozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody: Postanovlenie Pravitel'stva RF.

[On the State program of agricultural development and the regulation of markets for farm produce, raw materials and food for 2013–2020: RF Government Decree]. M.: the Russian Government, 2012. 173 p.

2. Terentyeva O.N. Sovremennaya organizatsiya sistemy material'no-tekhnicheskogo obespecheniya

regional'nogo sel'skogo khozyaystva [Modern organization of regional agriculture logistics systems] // Economic Analysis. Theory and Practice. Issue 23 (278). M., 2012. Pp. 51–60.

3. Formirovanie investitsionnogo mekhanizma v sfere tekhnicheskogo servisa v sel'skom khozyaystve: Monografiya [The formation of investment mechanism in the field of technical service in agriculture: Monograph] / Ed. by V. I. Chernoi vanov. M.: GOSNITI, 2013. 298 p.

4. Kravchenko I.N. Metodika otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya mashin i tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya spetsial'nogo stroitel'stva: Monografiya [Methodology of evaluating the technical condition of machinery and technological equipment for special construction: Monograph] / I.N. Kravchenko S.V. Kartcev, M.N. Yerofeyev. Balashikha: Publishing House of the VTU at the Federal Agency for Special Construction, 2008. 98 p.

5. Prokhorov V.S. Innovatsionnyy podkhod k formirovaniyu parkov tekhniki stroitel'nykh organizatsiy: Monografiya [Innovative approach to the development of technology parks construction organizations: Monograph] / V.S. Prokhorov, B.G. Kim // Innovations in Construction and Architecture. VISU, 2011. Pp. 168–184.

6. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mashinno-traktornogo parka v sovremennykh usloviyakh [Increasing the efficiency of farm-machinery stock utilization in modern conditions] / V.I. Chernoi vanov, A.A. Ezhevsky, V. Fedorenko [and others]. M.: FSBSI "Rosinformagrotekh", 2015. 336 p.

7. Borshchev A. The big book of simulation modeling: multimethod modeling with Anylogis 6 / A. Borshchev. Hardcover: Anylogis North America, 2013. 614 p.

8. Grigoryev I. Anylogis 7 in three days: a quick course in simulation modeling / I. Grigoryev. Amazon Digital Services, Inc., 2014. 210 p.

9. Zakonodatel'naya i normativnaya baza pri sertifikatsii i litsenzirovanii v sfere proizvodstva i servisa tekhnologicheskikh mashin i oborudovaniya. [Legislative and regulatory base for certification and licensing in the products and services of technological machines and equipment]. In 2 parts. Part 2 / S.A. Solovyov, V.I. Ignatov, B. Gerasimov [et al.]. M.: FSBSI GOSNITI, 2015. 228 p.

10. Golubev I.G. Opyt importozameshcheniya zapasnykh chastei zarubezhnoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Experience of import substitution of spare parts for foreign agricultural machinery] / I.G. Golubev, P.I. Nosikhin, A.Y., Fadeyev. M: FSSI "Rosinformagrotekh", 2010. 32 p.

11. Ob utverzhdenii plana meropriyatiy po sodeystviyu importozameshcheniyu v sel'skom khozyaystve na 2014–2015 gg.: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF [On the approval of the set of measures to assist import substitution in agriculture for 2014–2015: Decree of the RF Government]. Moscow: Government of Russian Federation, 2014. 9 p.

12. Solovyev R.Yu. Aktual'nost' problemy importozameshcheniya v tekhnicheskoy servise sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [The vitality of the import substitution problem in farm machinery maintenance] / R.Y. Soloviev, S.A. Goryachev // Farm Machinery and Equipment. 2014. Issue 12. Pp. 24–26.

13. Lipnitsky T. Importozameshchenie kak faktor obespecheniya ekonomicheskogo razvitiya agroproduktov [Import substitution as a factor of agricultural production economic development] / T. Lipnitsky // Agribusiness Industry: Economy, Management. 2014. Issue 3. Pp. 63–67.

14. Miloserdov V.V. Prodovol'stvennaya bezopasnost' i importozameshchenie [Food security and import substitution] / V.V. Miloserdov // Economics, Labor, Management in Agriculture. 2015. Issue 2. Pp. 2–7.

*Received on March 22, 2016*

УДК 620.193.272

**ПЫДРИН АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ**, аспирант

E-mail: pydrin89@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ

Для большей части машин в сельском хозяйстве характерна занятость в году всего 150...300 ч. В остальное время они находятся на хранении, чаще всего на открытых площадках, подвергаясь воздействию различных атмосферных факторов. Это способствует протеканию коррозионных процессов