

**ШУЛЬГА ЕВГЕНИЙ ФЕДОРОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор

E-mail: shulga\_ef@mail.ru

**ДЕВЯНИН СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ**, докт. техн. наук, профессор

E-mail: devta@rambler.ru

**ЩУКИНА ВАРВАРА НИКОЛАЕВНА**, аспирант

E-mail: firstnotbarbara@gmail.com

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

## НАДЕЖНОСТЬ УПРЕЖДЕНИЯ ПОТЕРЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОНИТОРИНГА СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Рассмотрена оценка надежности упреждения потерь для мониторинга состояния сельхозтехники с использованием навигационной и технической информации. Сегодня система управления транспортным средством позволяет проводить мониторинг исправного состояния в основном только электронных компонентов двигателя: датчиков, катушек и др., без упреждающей диагностики. Для упреждения потерь необходимо установить и «обучить» регулятор упреждающей диагностики. Принцип действия системы упреждающей диагностики работы транспортного средства заключается в сборе с установленных датчиков выходных данных и внешних неконтролируемых показателей: температуры, давления, запыленности и др. для их последующего анализа. В регулятор на основе нечеткой логики закладывается алгоритм анализа собранных данных. При выявлении возможных технических неисправностей регулятор передает модели субъекта управления информацию о необходимости упреждающих воздействий. При внедрении упреждающей системы мониторинга можно в режиме реального времени следить за показателями датчиков и своевременно предсказывать неисправности. Получены аналитические зависимости надежности упреждения потерь, позволяющие в режиме реального времени корректировать расписание работы сельскохозяйственной техники и давать рекомендации водителю о необходимости ремонта. На электронной карте отслеживается скорректированное моделью субъекта управления расписание работы транспортного средства.

**Ключевые слова:** упреждающая диагностика, надежность упреждения потерь.

**Введение.** Для оптимизации процессов и решений с использованием навигационных данных необходим мониторинг связи между техническими параметрами транспортного средства и пространственно-временными данными качества движения с использованием координат на оцифрованной карте на момент контроля и оценка надежности упреждения потерь.

**Цель исследований** – обоснование оценки надежности упреждения потерь для мониторинга состояния сельхозтехники с использованием навигационной и технической информации.

**Результаты и обсуждение.** Упреждение – действия, которые направлены на то, чтобы избежать нежелательных событий. «Жизнь» любого процесса – последовательность событий, позитивных (с полезной отдачей) и негативных (с потерями). В качестве причины, вызывающей потери, может выступать техническая неисправность транспортного средства.

Для упреждения потерь необходимо предсказание о возможности появления негативного собы-

тия. Предсказание – заключение о состоянии объекта или процесса в будущем.

Упреждать события – это значит предвидеть возникновение тех или иных негативных событий и воздействовать либо по их недопущению, либо по сокращению ущерба от них.

Система упреждения потерь в реальном масштабе времени представлена на рисунке 1 [1, 2].

На вход системы упреждения потерь поступают параметры сельхозтехники и данные качества движения транспортных средств, выполняющих оперативный план перевозок.

В процессе выполнения расписаний работы сельхозтехники расходуется фонд рабочего времени водителей на управление движением, который фиксируется пространственными данными, выдаваемыми глобальной навигационной спутниковой системой и отражаемыми на оцифрованной карте. Время является мерой потерь. В процессе движения сельхозтехники осуществляется упреждающая диагностика транспортного средства, т.е. осуществляется монито-

ринг технического состояния сельхозтехники и расчет возможных потерь от несвоевременного ремонта неисправности техники. Модель субъекта управления находит решение на упреждение, т.е. корректи-

рует расписание работы техники и дает рекомендации водителю. На электронной карте отслеживается скорректированное моделью субъекта управления расписание работы сельхозтехники [3, 4].



Рис. 1. Система упреждения потерь в реальном масштабе времени

Рассмотрим работу системы управления на примере ДВС. Сегодня на ДВС установлены датчики мониторинга работы двигателя (датчики, определяющие режим работы двигателя и его техническое состояние, условие движения машины, степень приближения показателей к допустимым и др.), и данные с этих датчиков поступают в электронный блок. Управление двигателем происходит с помощью электронного блока. На выходе управляемыми параметрами являются частота вращения коленчатого вала, тепловое состояние

двигателя и параметры, влияющие на экономические и экологические характеристики с учетом заложенных ограничений по управлению двигателем. При выходе за допустимые пределы данных показателей электронный блок корректирует работу двигателя.

Система управления ДВС позволяет проводить мониторинг только электронных компонентов двигателя (датчики, катушки и др.) без упреждающей диагностики. Работа системы управления ДВС представлена на рисунке 2 [5].

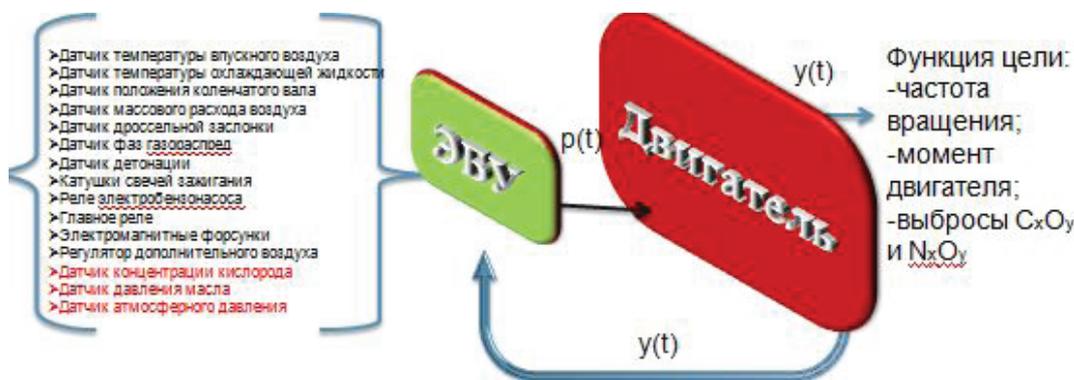
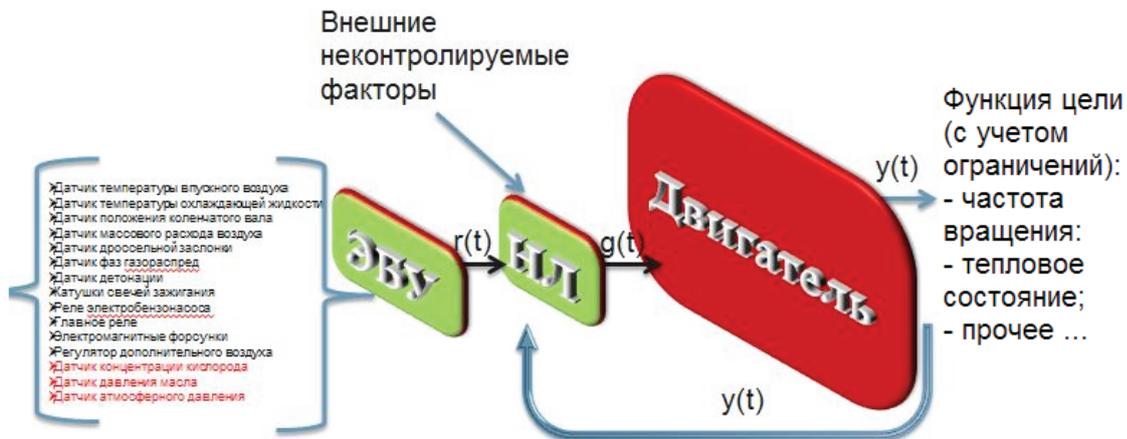


Рис. 2. Система управления ДВС: ЭБУ – электронный блок управления;  $p(t)$  – заданное значение;  $y(t)$  – выходные данные

Рассмотрим пример реализации системы упреждающей диагностики ДВС. Для упреждения потерь необходимо установить и «обучить» регулятор упреждающей диагностики на основе нечеткой логики (нейронные сети). Система упреждающей диагностики работы двигателя будет функционировать следующим образом: собирается информация с установленных датчиков о выходных данных и внешних неконтролируемых факторах (темпера-

тура, давление, запыленность и др.) для последующего анализа. В регулятор на основе нечеткой логики закладывается алгоритм анализа собранных данных. При выявлении возможных технических неисправностей регулятор передает модели субъекта управления информацию о необходимости упреждающих воздействий.

Система упреждающей диагностики работы двигателя представлена на рисунке 3.



**Рис. 3. Система предупреждающей диагностики работы двигателя:**

ЭБУ – электронный блок управления; НЛ – регулятор на основе нечеткой логики;  $r(t)$  – заданное значение;  $y(t)$  – выходные данные;  $g(t)$  – предупреждающее воздействие на работу двигателя

При внедрении предупреждающей системы мониторинга будет возможно в реальном масштабе времени следить за показателями датчиков и своевременно предсказывать необходимость ремонта. Также при внедрении диагностики по косвенным признакам можно расширить количество диагностируемых элементов, в том числе можно будет узнать состояние механических компонентов, цилиндров, коленчатого вала и др. [5, 6].

Оперативный план работ представляет собой выполнение совокупности расписаний работы сельхозтехники (процессов) [7, 8], в которых возникают негативные события, как на одном транспортном средстве, так и на совокупности. Надежность является одним из основных свойств системы предупреждения, поэтому необходимо определять

надежность предупреждения потерь (количественно) [2].

Надежность своевременности предупреждения потерь для одной системы «Водитель-автомобиль» в заданный период времени представлена как

$$H_{cy} = P \{t_{cy}^1 \geq t_{cy}^{1\theta}; t_{cy}^2 \geq t_{cy}^{2\theta}\} \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность своевременности предупреждения потерь;  $t_{cy}^i$  – своевременность предупреждения на  $i$ -й момент;  $t_{cy}^{i\theta}$  – заданная величина своевременности предупреждения потерь (нижний предел своевременности предупреждения). Определим вероятность своевременности предупреждения потерь на заданный период времени (таблица).

**Исходные данные для определения вероятности своевременности предупреждения потерь на заданный период времени**

Момент предсказания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Своевременность	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Несвоевременность	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Благоприятствующие исходы данному событию – 10. Общее число равновероятных исходов – 15. Надежность своевременности предупреждения потерь

$$H_{cy} = P = 10 / 15 = 0,66.$$

Надежность предупреждения потерь для одной системы «Водитель-автомобиль»

$$H_{cy}^1 = H_{cy} \cdot P_{cy}, \quad (2)$$

где  $P_{cy}$  – полнота предупреждения потерь для одной системы «Водитель-автомобиль».

Надежность своевременности предупреждения потерь для систем «Водитель-автомобиль»

$$H_{cy}^c = \prod_{i=1}^{20} H_{cy}, \quad (3)$$

где 20 – число систем «Водитель-автомобиль», участвующих в выполнении оперативного плана работ.

Надежность полноты предупреждения потерь для систем «Водитель-автомобиль»

$$P_{cy}^c = \prod_{i=1}^{20} P_{cy}. \quad (4)$$

Надежность упреждения потерь во время выполнения оперативного плана

$$H_{cy}^o = H_{cy}^c \cdot P_{cy}^c. \quad (5)$$

### Выводы

При упреждающей системе мониторинга возможно в реальном масштабе времени следить за показателями датчиков двигателя и своевременно предсказывать необходимость ремонта, а также совершать упреждающие действия моделью субъекта управления.

Показана возможность оценки надежности упреждения потерь с использованием мониторинга сельхозтехники.

Полученные аналитические зависимости надежности упреждения потерь позволят в режиме реального времени корректировать расписание работы транспортного средства и давать рекомендации водителю о необходимости ремонта. На электронной карте отслеживается скорректированное моделью субъекта управления расписание работы транспортного средства.

### Библиографический список

1. Шульга Е.Ф., Щукина В.Н. Мониторинг качества движения и технического состояния транс-

портных средств // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. № 4. С. 43-48.

2. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. 282 с.

3. Сергованцев В.Т., Загинайлов В.И., Судник Ю.А. Управление в сельскохозяйственных технологических процессах. М.: МГАУ имени В.П. Горячкина, 2009. 160 с.

4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2004. 395 с.

5. Девянин С.Н., Щукина В.Н. Системы управления двигателем // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 6. 62 с.

6. Хрящёв Ю.Е., Тихомиров М.В., Епанешников Д.А. Алгоритмы управления двигателями внутреннего сгорания. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. 204 с.

7. Шульга Е.Ф. Оптимизация процессов и решений с использованием навигационных данных. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 83 с.

8. Шульга Е.Ф. Оптимизация процессов и решений. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. 82 с.

Статья поступила 21.06.2017

## RELIABILITY OF LOSS PREVENTION BY MEANS OF FARM MACHINERY MONITORING

**YEVGENY F. SHULGA**, DSc (Eng), Professor

E-mail: shulga\_ef@mail.ru

**SERGEY N. DEVYANIN**, DSc (Eng), Professor

E-mail: devta@rambler.ru

**VARVARA N. SHCHUKINA**, postgraduate student

E-mail: firstnotbarbara@gmail.com

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya Str., 49; Moscow, 127550, Russian Federation

The purpose of the study is to provide grounds for the reliability assessment of loss prevention to monitor the condition of farm machinery using navigation and technical data. Today, the ICE control system allows to monitor the serviceable condition mainly of electronic part of an engine only: sensors, coils, etc., without preventive diagnostics. To prevent losses, it is necessary to mount and "adjust" a controller of anticipatory diagnostics. The operating principle of a system for preventive diagnostics of the engine operation is collecting the output data and external uncontrolled indicators such as temperature, pressure, dust, etc. from installed sensors and their subsequent analysis. Basing on fuzzy logic, the controller is equipped with an algorithm for analyzing the collected data. When identifying possible technical failures, the controller

transmits information about a need for proactive impacts to the control subject model. When implementing a proactive monitoring system, one can monitor sensor data in real time and timely predict the need for repair. The authors have obtained analytical dependences of the reliability of loss prevention, which will allow to correct the schedule of farm machinery operation in real time and help produce recommendations to operators on the need for repair. An electronic map can be used to track a schedule of machinery operation adjusted by the control subject model.

**Key words:** preventive diagnostics, reliability of loss prevention, farm machinery.

### References

1. Shul'ga Ye.F., Shchukina V.N. Monitoring kachestva dvizheniya i tekhnicheskogo sostoyaniya transportnykh sredstv [Monitoring the motion quality and technical condition of vehicles]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2017. No. 4. Pp. 43-48. (in Rus.)
2. Shul'ga Ye.F., Kupriyanov A.O., Khlyustov V.K., Balabanov V.I., Zeyliger A.M. Upravleniye sel'khozpredpriyatiyem s ispol'zovaniyem kosmicheskikh sredstv navigatsii (GLONASS) i distantsionnogo zondirovaniya Zemli: Monografiya [Management of an agricultural enterprise using space navigation means (GLONASS) and remote sensing of the Earth: Monograph]. Moscow, RGAU-MSKhA, 2016, 282 p. (In Rus.)
3. Sergovantsev V.T., Zaginaylov V.I., Sudnik Yu.A. Upravleniye v sel'skokhozyaystvennykh tekhnologicheskikh protsessakh [Control of agricultural technological processes]. Moscow, MGAU imeni V.P. Goryachkina, 2009. 160 p. (in Rus.)
4. Dorf R., Bishop R. Sovremennyye sistemy upravleniya [Modern control systems]. Moscow, Bi-nom, Laboratoriya bazovykh znaniy, 2004. 395 p. (in Rus.)
5. Devyanin S.N., Shchukina V.N. Sistemy upravleniya dvigatelem [Engine control systems]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*, 2015. No. 6. 62 p. (In Rus.)
6. Khryashchov Yu. Ye., Tikhomirov M.V., Yepaneshnikov D.A. Algoritmy upravleniya dvigatelyami vnutrennego sgoraniya: Monografiya [Algorithms for controlling internal combustion engines: Monograph]. Yaroslavl', Izd-vo YAGTU, 2014, 204 p. (In Rus.)
7. Shul'ga Ye.F. Optimizatsiya protsessov i resheniy s ispol'zovaniyem navigatsionnykh dannykh [Optimization of processes and solutions using navigation data]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2017. 83 p. (in Rus.)
8. Shul'ga Ye.F. Optimizatsiya protsessov i resheniy [Optimization of processes and solutions]. Moscow, Izdatel'stvo RGAU-MSKhA, 2016. 82 s. (In Rus.)

*The paper was received on June 21, 2017*