Граф состояний многоканальной системы фирменного технического сервиса зерноуборочных комбайнов в Узбекистане

Махамад Тожалиевич Тошболтаев,
доктор технических наук, профессор,
старший научный сотрудник;

Зибакхан Абдиганиевна Сейтимбетова,
младший научный сотрудник,
e-mail: paytbaev@list.ru

Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан

Реферат. Показали, что система многоканального фирменного технического сервиса современных тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин в Узбекистане по характеру функционирования представляет собой разновидность системы массового обслуживания. Подтвердили, что это обстоятельство не учитывается при изучении существующей системы фирменного технического сервиса. Аргументировали актуальность определения влияния параметров системы фирменного технического сервиса на его состояние с использованием методов теории массового обслуживания. (*Цель исследования*) Оценить параметры состояния многоканальной системы фирменного технического сервиса по результатам хронометража обслуживания зерноуборочных комбайнов. (*Материалы и методы*) Изучили граф состояний многоканальной системы фирменного технического сервиса без очереди. В систему входят 109 зерноуборочных комбайнов марки Case-2166 и 7 автопередвижных мастерских. Использовали методы теории массового обслуживания. (*Результаты и обсуждение*) Установили линейную зависимость между количеством занятых автопередвижных мастерских и средним значением времени обслуживания при постоянной интенсивности требований. Выявили, что на устранение одной неисправности одного комбайна затрачивается 3,33 часа, то есть будет занята одна мастерская. Если за один час в сервисный центр поступает 3,24 требования, то будут заняты все 7 автопередвижных мастерских. (*Выводы*) Доказали, что для одноканальной системы фирменного технического сервиса среднее значение времени устранения одной неисправности одного комбайна не должно превышать 3,33 часа. Рассчитали параметры, при которых в 7-канальной системе фирменного технического сервиса будут заняты все каналы (7 мастерских): возникают 3,24 требования за один час, в среднем на устранение одной неисправности каждая мастерская затрачивает 2,16 часа.

Ключевые слова: многоканальная система, фирменный технический сервис, ремонт сельскохозяйственной техники, автопередвижная мастерская, интенсивность потока требований, производительность одной мастерской, граф состояний системы.

■ **Для цитирования:** Тошболтаев М.Т., Сейтимбетова З.А. Граф состояний многоканальной системы фирменного технического сервиса зерноуборочных комбайнов в Узбекистане // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. С. 46–49. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-46-49.

Multichannel System State Graph of Combine Harvesters Branded Technical Service in Uzbekistan

Makhamad T. Toshboltaev,
Dr.Sc.(Eng.), professor, senior researcher;

Zibakhan A. Seytimbetova,
junior researcher, e-mail: paytbaev@list.ru

Research Institute of Agricultural Mechanization, Republic of Uzbekistan

Abstract. The authors showed that the multichannel system state graph of modern tractors, combines and agricultural machinery in Uzbekistan, by the nature of its functioning, was a kind of mass service system. They confirmed that this circumstance was not taken into account when studying the existing system of corporate technical service. They pointed out the relevance of determining the influence of the branded technical service system parameters on its condition using the methods of the mass service theory. (*Research purpose*) To evaluate the state parameters of a proprietary technical service multichannel system according to the results of the timing of combine harvesters maintenance. (*Materials and methods*) The authors studied the multi-channel system state graph of a proprietary technical service without a queue. The system included 109 Case-2166 combine harvesters and 7 car-mobile workshops. They used the methods of mass service theory. (*Results and discussion*) The authors established a linear relationship between the number of occupied car-mobile workshops and the average value of the service time at a constant intensity of

requirements. It was revealed that it took 3.33 hours to fix one malfunction of one combine, that is, one workshop would be occupied. If 3.24 demands were received in the service center in one hour, then all 7 auto-moving workshops would be occupied. (Conclusions) The authors revealed that for a single-channel proprietary technical service system the average value of the time for eliminating one malfunction of one combine should not exceed 3.33 hours. They calculated the parameters at which all channels (7 workshops) will be occupied in the 7-channel system of corporate technical service: 3.24 requirements arose in one hour, on average, each workshop took 2.16 hours to fix one malfunction.

Keywords: multichannel system, proprietary technical service, agricultural machinery repair, car workshop, demand flow rate, productivity of one workshop, system state graph.

For citation: Toshboltaev M.T., Seytimbetova Z.A. Graf sostoyaniy mnogokanal'noy sistemy firmennogo tekhnicheskogo servisa zernouborochnykh kombaynov v Uzbekistane [Multichannel system state graph of combine harvesters branded technical service in Uzbekistan]. *Sel'skokhozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N1. 46-49 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-46-49.

Под термином «технический сервис» понимается совокупность услуг по обеспечению сельскохозяйственного производства машинами, оборудованием и приборами, эффективному использованию и поддержанию их в исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации [1].

Технический сервис называется фирменным, если в предоставлении услуг участвуют штатные сотрудники фирмы (завода, объединения) – изготовителя машин. Преимущество системы фирменного технического сервиса (ФТС) состоит в том, что услуги по техническому обслуживанию и ремонту машин оказываются своевременно и качественно [2].

В Узбекистане функционируют дилерские системы ФТС, организованные такими зарубежными фирмами, как *Case NewHolland*, *Claas*, *John Deere*.

Дилерская система ФТС включает следующие элементы: источник требований (неисправная машина), входящий поток требований (группа неисправных машин), канал обслуживания (передвижные или стационарные мастерские), очередь (совокупность требований, ожидающих обслуживания в момент, когда каналы заняты обслуживанием других требований), выходящий поток требований (группа обслуженных, то есть исправных машин) [3].

Система ФТС в зависимости от поступления новых требований, их удовлетворения, выхода, занятости или незанятости автопередвижных мастерских и других факторов может находиться в разных состояниях, описываемых соответствующими графами [4, 5].

В практике ФТС в сельском хозяйстве Узбекистана часто встречаются следующие графы состояний: многоканальная система ФТС без очереди (с отказами), многоканальная система ФТС с ограниченной длиной очереди и многоканальная система ФТС с ограниченным временем ожидания [3, 6, 7].

Но эти своеобразные, многоканальные системы ФТС тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин фермерских хозяйств и агрокластеров Узбекистана не изучены с использованием методов теории массового обслуживания [4, 5]. Вследствие этого оста-

ется неустановленным влияние таких параметров, как средняя интенсивность потока требований, среднее время обслуживания одного требования, производительность одной автопередвижной мастерской, количество мастерских. А они отражаются на состоянии системы: она может быть свободна или занята, характеризоваться наличием и отсутствием очереди и т.д.

Цель исследования – оценить параметры состояния многоканальной системы ФТС без очереди по результатам оказанных зерноуборочным комбайнам услуг фирменного сервиса силами передвижных мастерских Наманганского региона Республики Узбекистан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. На балансе районных машинно-тракторных парков региона находятся 109 зерноуборочных комбайнов марки *Case-2166*. Наманганский сервисный центр располагает семью автопередвижными мастерскими «Фиат-Шкода». По результатам хронометража работы комбайнов на уборке зерновых установлены:

- среднее значение общего времени, затраченного одной мастерской на устранение одной неисправности одного комбайна, – $\bar{t}_0 = 2,16$ ч;

- средняя интенсивность потока требований, измеряемая числом требований, поступивших за единицу времени – $\lambda = 0,3$ треб./ч [6].

В процессе исследований использованы основные положения теории массового обслуживания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Рассмотрим граф состояний исследуемой многоканальной системы – без очереди, с отказами (рис. 1).

Данная система имеет n автопередвижных мастерских одной модели. При условии незанятости хотя бы одной мастерской поступившее в систему требование сразу обслуживается. Если все мастерские заняты, то поступившие требования не обслуживаются.

Если в течение определенного момента работают две ($n=2$) мастерские, то скорость обслуживания удвоится – 2μ . Если неисправные машины обслуживаются n мастерскими, то скорость сервиса равна $n\mu$.

При S_0 : в систему не поступило требование ($K=0$),

Рис. 1. Граф состояний многоканальной системы фирменного технического сервиса без очереди: N – общее количество комбайнов; μ – производительность одной автопередвижной мастерской (одного канала обслуживания) или среднее число требований, обслуженных системой в единицу времени; λ – средняя интенсивность потока требований; $S_0, S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ – состояние системы (индекс указывает число K требований в системе), n – общее число каналов

Fig. 1. State graph of a proprietary technical service multichannel system without a queue: N – the total number of combines; μ – the productivity of one car workshop (one service channel) or the average number of requirements served by the system per unit time; λ – the average intensity of the requirements; $S_0, S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ – the system state (the index indicates the number K of requirements in the system), n – the total number of channels

все N комбайнов исправны; автопередвижные мастерские свободны; число работающих на полях комбайнов равно N .

При S_1 : в систему поступило одно требование ($K=1$), то есть один комбайн неисправен; одна мастерская занята его обслуживанием; число работающих комбайнов $N-1$.

При S_K : число требований K ; все n мастерские заняты; число исправных комбайнов равно $N-K$.

Вероятность q_0 нахождения системы в состоянии S_0 , то есть отсутствия требований ($K=0$) и незанятости всех автопередвижных мастерских рассчитывается по выражению [3-5]:

$$q_0 = \left[\sum_{i=0}^n \frac{\psi^i}{i!} \right]^{-1}, \quad (1)$$

где $\psi = \lambda/\mu$ – коэффициент загрузки передвижной мастерской.

Вероятность нахождения системы ФТС в состоянии S_i определяется по формуле:

$$q_i = \frac{\psi^i}{i!} q_0 \quad (i=1, 2, \dots, n). \quad (2)$$

В 2018 г. Наманганский сервисный центр силами семи автопередвижных мастерских ($n=7$) оказал ФТС 109 зерноуборочным комбайнам Case-2166.

Определим вероятность отказа $q_{от}$ неисправных комбайнов присоединяться ($q_{от}=0$) или не присоединяться ($q_{от} \neq 0$) к очереди на обслуживание и среднее количество n_3 занятых автопередвижных мастерских.

По результатам хронометража имеем [3]:

$$\mu = 1/\bar{t}_0 = 1/2,16 = 0,462 \text{ (сервис/ч)},$$

$$\psi = \mu/\lambda = \lambda \bar{t}_0 = 0,3 \cdot 2,16 = 0,648.$$

Из (1) находим:

$$q_0 = \left[\sum_{i=0}^7 \frac{\psi^i}{i!} \right]^{-1} = \left(\frac{0,648^0}{0!} + \frac{0,648^1}{1!} + \frac{0,648^2}{2!} + \frac{0,648^3}{3!} + \frac{0,648^4}{4!} + \right.$$

$$\left. + \frac{0,648^5}{5!} + \frac{0,648^6}{6!} + \frac{0,648^7}{7!} \right)^{-1} = (1 + 0,648 + 0,209 + 0,045 + 0,007 + 0 + 0 + 0)^{-1} = \frac{1}{1,909} = 0,523.$$

Вероятность $q_{от}$ определим на основе формулы (2):

$$q_{от} = \frac{\psi^n}{n!} q_0 = \frac{0,648^7}{7!} \cdot 0,523 = 0.$$

Равенство $q_{от} = 0$ означает, что вновь поступивший в систему неисправный комбайн не отказывается присоединиться к очереди. Вероятность обслуживания данного комбайна передвижной мастерской [3]:

$$P_{обс} = 1 - q_{от} = 1 - 0 = 1.$$

Это означает, что неисправный комбайн покидает систему обслуженным, то есть в исправном состоянии.

Если продолжительность обслуживания простого потока требований подчиняется экспоненциальному закону, то среднее количество занятых обслуживанием передвижных мастерских можно определить по формуле $n_3 = \psi P_{обс}$ [8].

С учетом $\psi = 0,648$ и $P_{обс} = 1$ получим: $n_3 = 0,648$.

В равенстве $n_3 = \psi = \lambda \bar{t}_0$, если $\lambda = const$, то значение n_3 в зависимости от $\bar{t}_0$ изменяется по линейному закону (рис. 2). При $\lambda = 0,3$ (треб./ч) и $\bar{t}_0 = 0$ получим $n_3 = 0$; если $\bar{t}_0 = 2,16$ ч, то $n_3 = 0,3 \cdot 2,16 = 0,648$.

Пусть $n_3 = 0,3 \bar{t}_0 = 1$. Отсюда $\bar{t}_0 = 1/3 = 3,33$ ч. Следовательно, если для устранения одной неисправности одного комбайна затрачивается 3,33 ч времени, то степень загрузки (занятости) передвижной мастерской $n_3 = 1(100\%)$. При $\bar{t}_0 > 3,33$ справедливо неравенство $\bar{t}_0 > 1$. Например, при $\bar{t}_0 = 6,66$ ч $n_3 = 0,3 \cdot 6,66 = 1,99$, или 199%; при $\bar{t}_0 = 9,99$ ч $n_3 = 0,3 \cdot 9,99 = 2,99$, или 299%.

Рис. 2. Зависимость занятости передвижной мастерской от среднего значения времени, затраченного на устранение одной неисправности одного комбайна

Fig. 2. The dependence of the mobile workshop load on the average value of the time spent on eliminating one malfunction of one combine

При $n_3 = 1,99$ в системе ФТС должны работать две ($n=2$) автопередвижных мастерских, а при $n_3 = 2,99$ – три ($n=3$).

Рассмотрим случай $n_3 = 7$ при $\bar{t}_0 = 2,16$ ч. Из $n_3 = \lambda \bar{t}_0$ находим:

$$\lambda = n_3 / \bar{t}_0 = 7 / 2,16 = 3,24 \text{ (треб./ч.)}$$

Отсюда видно, что если из 109 работающих комбайнов в сервисный центр за 1 ч поступает 3,24 требования, то будут заняты все ($n_3 = 7$) автопередвижные мастерские. Другими словами, когда задействованы все имеющиеся автопередвижные мастерские, чтобы не создавать очередь, скорость обслуживания не должна быть ниже 3,24 треб./ч.

Выводы. Установили, что при постоянной интенсивности входящего потока требований 0,3 (треб./ч) одна автопередвижная мастерская за 2,16 ч устраняет одну неисправность комбайна и при этом остается

ся загруженной на 64,8%. С увеличением времени сервиса степень загрузки мастерской также растет, например, при 3,33 ч загрузка достигает 100%. Для одноканальной системы ФТС среднее значение времени устранения одной неисправности одного комбайна не должно превышать 3,33 ч.

Выяснили необходимость увеличения числа мастерских при повышении числа требований. Если время обслуживания постоянно (2,16 ч) и за 1 ч возникают 3,24 требования, то нормальная работа системы ФТС обеспечивается силами существующих семи мастерских. При дальнейшем росте числа требований возникает необходимость привлечения дополнительной мастерской.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев П.А., Северный А.Э., Черноиванов В.И. и др. Технический сервис в сельском хозяйстве. М.: Колос. 1993. 48 с.
2. Варнаков В.В., Стрельцов В.В., Попов В.Н., Карпенков В.Ф. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения. М.: Колос. 2003. 253 с.
3. Тошболтаев М., Рустамов Р., Сейтимбетова З. Математические и статистические модели фирменного технического сервиса сельскохозяйственных машин. Ташкент: Фан. 2011. 156 с.
4. Саакян Г.Р. Теория массового обслуживания. Шахты: ЮРГУЭС. 2006. 27 с.

5. Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания. М.: Едиториал УРСС. 2017. 224 с.
6. Тошболтаев М., Рустамов Р. Теоретико-статистические принципы совершенствования региональной системы фирменного технического сервиса сельскохозяйственных машин. Ташкент: Наука и технология. 2018. 272 с.
7. Rustamov R.M. Research on the status of single-channel systems of the grains harvesting combines. *European Science Review*. 2016. N1-2. 158.
8. Тошболтаев М., Сейтимбетова З. Модели определения месторасположения дилерских пунктов // *Проблемы механики*. 2018. N3. С. 61-65.

REFERENCES

1. Andreev P.A., Severnyy A.E., Chernoiivanov V.I., et. al. Tekhnicheskii servis v sel'skom khozyaystve [Technical service in agriculture]. Moscow: Kolos. 1993. 48 (In Russian).
2. Varnakov V.V., Strel'tsov V.V., Popov V.N., Karpenkov V.F. Tekhnicheskii servis mashin sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Technical service of agricultural machines]. Moscow: Kolos. 2003. 253 (In Russian).
3. Toshboltaev M., Rustamov R., Seytimbetova Z. Matematicheskie i statisticheskie modeli firmennogo tekhnicheskogo servisa sel'skokhozyaystvennykh mashin [Mathematical and statistical models of corporate technical service for agricultural machines]. Tashkent: Fan. 2011. 156.
4. Saakyan G.R. Teoriya massovogo obsluzhivaniya [Mass service theory]. Shakhty: YURGUES. 2006. 27.
5. Kirpichnikov A.P. Metody prikladnoy teorii massovogo ob-

- sluzhivaniya [Methods of applied mass service theory]. Moscow: Editorial URSS. 2017. 224 (In Russian).
6. Toshboltaev M., Rustamov R. Teoretiko-statisticheskie printsipy sovershenstvovaniya regional'noy sistemy firmennogo tekhnicheskogo servisa sel'skokhozyaystvennykh mashin [Theoretical and statistical principles for improving the regional system of corporate technical service for agricultural machines]. Tashkent: Nauka i tekhnologiya. 2018. 272 (In Russian).
7. Rustamov R.M. Research on the status of single-channel systems of the grains harvesting combines. *European Science Review*. 2016. N1-2. 158 (In English).
8. Toshboltaev M., Seytimbetova Z. Modeli opredeleniya mestorasplozheniya dilerskikh punktov [Models for determining the location of dealerships]. *Problemy mekhaniki*. 2018. N3. 61-65 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.08.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 20.08.2019

Статья принята к публикации 22.01.2020
The paper was accepted
for publication on 22.01.2020