

Математическое моделирование расположения сети центров технического сервиса сельскохозяйственной техники

Александр Александрович Меденко

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия, s.shishurin@gmail.com

Аннотация. В статье представлена теоретическая модель определения рационального количества и месторасположения дополнительных сервисных центров дилера сельскохозяйственной техники. Установлено, что определение необходимого количества дополнительных сервисных центров необходимо проводить, опираясь на базовый дилерский стандарт соответствующего дилера. Таким образом возможно определить количество дополнительных сервисных центров в любой области и для любого дилера с учетом его индивидуальных нормативов. Для оптимизации расположения дополнительных сервисных центров следует определять эффективное время, которое будет затрачено на достижение всей техники в области из конкретного районного центра. Данное время будет определяться как отношение удвоенного расстояния до обслуживаемой техники к среднестатистической скорости движения автомобиля. Кроме того, при определении эффективного времени, следует учитывать коэффициент доступности обслуживаемой техники для конкретного районного центра, в котором предполагается проектирование дополнительного сервисного центра. В статье представлено обоснование критериев определяющих коэффициент доступности и итоговое выражение, позволяющее рассчитывать эффективное время и прогнозировать месторасположение дополнительных сервисных центров.

Ключевые слова: технический сервис; дилерский центр; техническое обслуживание; ремонт; сельскохозяйственная техника; моделирование; повышение эффективности.

Для цитирования: Меденко А. А. Математическое моделирование расположения сети центров технического сервиса сельскохозяйственной техники // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 95–99. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp95-99>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Mathematical modeling of the location of the network of technical service centers for agricultural machinery

Aleksandr A. Medenko

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vailov, Saratov, Russia, s.shishurin@gmail.com

Abstract. The article presents a theoretical model for determining the rational number and location of additional service centers for an agricultural machinery dealer. It has been established that the determination of the required number of additional service centers must be carried out based on the basic dealer standard of the respective dealer. Thus, it is possible to determine the number of additional service centers in any area and for any dealer, taking into account his individual standards. To optimize the location of additional service centers, it is necessary to determine the effective time that will be spent on reaching all the equipment in the area from a particular district center. This time will be determined as the ratio of the doubled distance to the serviced equipment to the average speed of the vehicle. In addition, when determining the effective time, one should take into account the availability factor of the serviced equipment for a specific regional center in which it is planned to design an additional service center. The article presents the rationale for the criteria that determine the availability factor and the final expression, which allows calculating the effective time and predicting the location of additional service centers.

Keywords: technical service; dealership; maintenance; repair; agricultural machinery; modeling; efficiency improvement.

For citation: Medenko A. A. Mathematical modeling of the location of the network of technical service centers for agricultural machinery. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(3): 95–99. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp95-99>.

Введение. В последние годы прослеживается устойчивая тенденция увеличения количества машин, применяемых для удовлетворения потребностей всех областей сельского хозяйства [1, 2]. При этом современные сельскохозяйственные машины являются технически сложными единицами, которые нуждаются в постоянном техническом обслуживании и ремонте. В большинстве случаев производители сельскохозяйственных машин следуют современным научно-практическим достижениям и постоянно совершенствуют и усложняют техническое оснащение и конструкцию тракторов, комбайнов и другой сельскохозяйственной техники. Это приводит к тому, что ремонтно-обслуживающая база сельскохозяйственных предприятий не может справиться с обеспечением требуемого уровня технического сервиса для современного машинно-тракторного парка, что является причиной частых отказов сельскохозяйственных машин [9]. При этом состояние машинно-тракторного парка является одним из главных факторов, сдерживающих развитие сельскохозяйственной отрасли. В связи с этим, совершенствование организации технического сервиса является одним из основных направлений повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники.

Проблема поддержания машин в работоспособном состоянии не может рассматриваться как частная, локальная задача, она должна решаться в рамках системного подхода. Системный подход можно представить как исследование способов организации элементов в единое целое и взаимного воздействия процессов функционирования системы, ее подсистем и элементов друг с другом. Анализируя существующие варианты совершенствования системы технического сервиса сельскохозяйственной техники, наиболее рациональными представляются идеи, связанные с расширением деятельности регионального дилера за счет создания дополнительных пунктов технического сервиса [4–6]. Однако данное решение связано со сложностью определения рационального количества и месторасположения таких пунктов.





Цель исследований – создание математической модели определения количества и местоположения дополнительных сервисных центров сельскохозяйственной техники произвольной области.

Методика исследований. Для организации эффективного технического сервиса сельскохозяйственной техники, в настоящее время, наиболее приемлемым является создание сети независимых дилерских служб. Соответствие технической оснащенности дилерских предприятий технологическому процессу обслуживания и ремонта во многом определяет их экономическую эффективность. В последние годы наблюдается тенденция снижения объемов ремонтных работ в общем объеме, и акценты смещаются на проведение технического обслуживания. Преобладает агрегатный метод ремонта машин. Весь процесс производимого дилером ремонта сводится к разборочно-сборочным работам, связанным с заменой агрегата [12]. Многие дилеры осуществляют также и постановку гарантийной техники на хранение с целью уменьшения затрат на гарантийное обслуживание из-за неправильного ее хранения.

Основным документом, регламентирующим работу дилеров, является базовый дилерский стандарт [7]. В нем представлены все принятые нормы и требования для успешной работы дилеров, которые отслеживает завод-изготовитель.

Как правило, сеть центров технического сервиса создается на базе уже существующего головного дилерского центра. Для определения наиболее рационального количества дополнительных сервисных центров воспользуемся базовым дилерским стандартом [7], где указано, что первый дополнительный сервисный центр целесообразно организовывать тогда, когда число единиц техники, обслуживаемой дилером в данной области, превышает норматив головного дилерского центра H_{Γ} . Каждый последующий дополнительный сервисный центр целесообразно организовывать в случае, когда количество техники превышает норматив для дополнительного сервисного центра H_{Δ} . При условии, что количество техники в области превышает H_{Γ} , количество сервисных центров N в области будет определяться по следующей зависимости:

$$N = 1 + \frac{m_{\text{т}} - H_{\Gamma}}{H_{\Delta}}; \quad (1)$$

где $m_{\text{т}}$ – количество сельскохозяйственной техники, обслуживаемой данным дилером в рассматриваемой области, ед.

Величину N следует округлять до большего целого числа.

Таким образом, используя выражение (1), можно определить количество дополнительных сервисных центров в любой области и для любого дилера, с учетом его индивидуальных нормативов H_{Γ} и H_{Δ} .

На основании данных базового дилерского стандарта к дополнительным сервисным центрам предъявляются следующие требования:

дополнительный сервисный центр строится в непосредственной близости от районного центра (населенного пункта приравненного к нему) с хорошо развитой транспортной инфраструктурой, находится не далее второй линии от федеральной автодороги и содержит сервисную зону для стационарного ремонта техники общей площадью не менее 250 м²;

распределение нагрузки специалистов сервисного отдела: 70 % ремонта – мобильными ремонтными бригадами, 30 % ремонта – в условиях сервисной зоны.

Ремонт в условиях сервисной зоны не влияет на выбор наиболее рационального месторасположения дополнительного сервисного центра, тогда как ремонт мобильными бригадами, на долю которых приходится 70 % всех ремонтных воздействий, наоборот является лимитирующим фактором при решении поставленной задачи.

Общее время, затрачиваемое специалистом мобильной ремонтной бригады на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники t_p будет рассчитываться по формуле [10, 11]:

$$t_p = t_{\text{п}} + t_{\text{в пути}} + t_{\text{работы}}; \quad (2)$$

где $t_{\text{п}}$ – время на подготовку бригады к выезду, ч; $t_{\text{в пути}}$ – время нахождения специалиста сервисного центра в пути, ч; $t_{\text{работы}}$ – время проведения работ специалистом сервисного центра по регламенту, ч.

Известно [14], что рабочая смена специалиста сервисного центра равна 8 ч, а время на подготовку к выезду и выполнение работ строго регламентировано базовым дилерским стандартом. Время на подготовку к выезду не должно превышать 1 ч, а сменная нагрузка на специалиста должна быть не меньше 62 %, или 5,2 ч. Среднестатистическая скорость движения легкового транспорта в смешанном цикле равна 70 км/ч [8], тогда по формуле (2) объекты ремонта должны находиться на расстоянии не более 63 км от проектируемого дополнительного сервисного центра. Однако, исходя из реального распределения техники в регионах и сильной протяженности большинства областей РФ, этот параметр сложно выдержать.

Для оптимизации расположения дополнительных сервисных центров следует определить эффективное время t_3 , которое будет затрачено на достижение всей техники в области из конкретного районного центра. Данное время будет определяться как отношение удвоенного расстояния до обслуживаемой техники к среднестатистической скорости движения автомобиля:

$$t_{\text{в пути}} = t_3 = \frac{2S}{v_{\text{ср}}}; \quad (3)$$

где S – расстояние до обслуживаемого объекта, км; $v_{\text{ср}}$ – среднестатистическая скорость автомобиля, км/ч.

При этом следует учитывать тот факт, что данное удвоенное расстояние будет пройдено не менее такого количества раз, которое соответствует количеству сельскохозяйственной техники, предположительно обслуживаемой

дополнительным сервисным центром.

Тогда формулу (3) можно представить следующим образом:

$$t_3 = \frac{2 \cdot \sum_{n=1}^i (m_n \cdot S_n)}{v_{cp}} \quad (4)$$

Как уже было отмечено выше, оптимальные расстояния до объекта ремонта должны быть не более 63 км от предполагаемого дополнительного сервисного центра. Чем больше техники будет обслуживаться в данном радиусе, тем ниже будет значения критерия t_3 и тем эффективнее сервисный центр, расположенный в этом районном центре.

Результаты исследований. При определении местоположения дополнительных сервисных центров не вся техника будет находиться в оптимальном радиусе равном 63 км. Тогда, наличие сельскохозяйственной техники, которая не вошла в зону, очерченную этим радиусом, будет повышать значение критерия t_3 (см. рисунок).

При выборе месторасположения дополнительного сервисного центра необходимо учитывать, что расстояние от него до объекта ремонта может быть не напрямую, а в объезд, что на пути могут располагаться препятствия, в виде ж/д переезда, паромной переправы, и прочие. Так же нужно учитывать, что движение по федеральным трассам и автомагистралям гораздо быстрее, чем по дорогам местного значения или грунтовым дорогам [6]. Поэтому в формуле (4) следует учитывать коэффициент доступности k_d обслуживаемой техники для конкретного районного центра, в котором предполагается проектирование дополнительного сервисного центра [13].

Представим коэффициент доступности k_d следующими входящими в него критериями:

1) $k_{ди}$ – критерий дорожной инфраструктуры, определяемый как отношение суммы длин пути $S_{k_{ди}}$ по определенному виду дорожного покрытия умноженное на величину коэффициента ξ для этого покрытия ко всему пути между рассматриваемыми объектами:

$$k_{ди} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{k_{ди} i} \cdot \xi_i)}{S} \quad (5)$$

Величина коэффициента ξ зависит от категории автомобильной дороги по ГОСТ 52398-2005 [3] и устанавливается с тем расчетом, что движение по дорогам категорий IA и IB является самым быстрым, надежным и безопасным. Движение по дорогам категорий IB – V является менее быстрым или менее надежным и безопасным и величина этих показателей тем ниже, чем выше категория дороги [5]:

для автомобильной дороги категорий IA и IB – $\xi = 1$;

для автомобильной дороги категории IB – $\xi = 0,9$;

для автомобильной дороги категории II – $\xi = 0,8$;

для автомобильной дороги категории III – $\xi = 0,7$;

для автомобильной дороги категории IV – $\xi = 0,6$;

для автомобильной дороги категории V – $\xi = 0,5$;

2) $k_{но}$ – коэффициент наличия объезда. Определяется из выражения

$$k_{но} = 0,1 - \frac{S_o - S}{S}; S_o \leq 2 \cdot S; \quad (6)$$

где S_o – величина объездного пути, км.

Для объезда, расстояние которого превышает прямой путь более чем в 2 раза, критерий не учитывается.

Чем меньше расстояние объездного пути, при его фактическом наличии, тем больше величина коэффициента $k_{но}$, но не выше значения, равного 0,1. Это связано с тем, что значимость данного коэффициента гораздо ниже, чем значимость коэффициента $k_{ди}$;

3) $k_{п}$ – коэффициент наличия преград на пути следования. Определяется по формуле

$$k_{п} = 0,05 N_{п}; \quad (7)$$

где $N_{п}$ – количество преград на пути следования, шт.

При определении данного коэффициента предполагается, что на преодоление одной преграды затрачивается не более 5 % от общего времени в пути;

4) $k_{пр}$ – коэффициент превышения расстояния между рассматриваемыми объектами свыше 200 км. Определяется из выражения:

$$k_{пр} = (S - 200) \cdot 0,001; S > 200. \quad (8)$$

Данный коэффициент учитывает нарушение регламента, установленного базовым дилерским стандартом в 200 км. Превышение этого расстояния будет негативно влиять на эффективное время, предположительно снижая его на 0,1% за каждый превышенный километр.

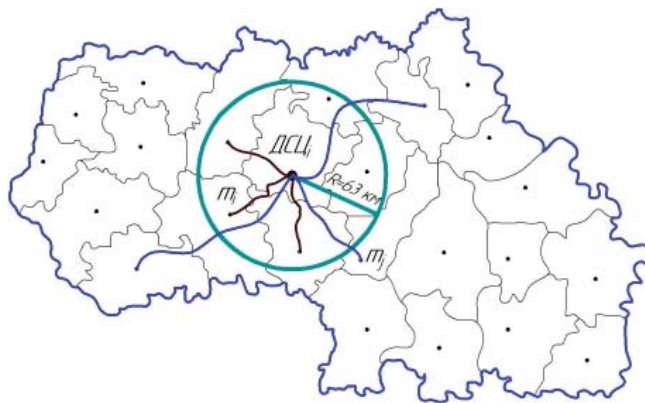


Схема расположения предполагаемого i-го дополнительного сервисного центра (ДСЦ) внутри произвольной области: m_i – количество сельскохозяйственной техники, вошедшей в зону обслуживания ДСЦ радиусом $R = 63$ км; m_j – количество сельскохозяйственной техники, не вошедшей в зону обслуживания ДСЦ радиусом $R = 63$ км





При рассмотрении входящих в k_d критериев можно сделать вывод, что не все они имеют положительное влияние. Величины $k_{дн}$ и $k_{но}$ увеличивают значение коэффициента доступности, а $k_{п}$ и $k_{пр}$ – снижают. Тогда данный коэффициент можно определить следующим образом:

$$k_d = k_{дн} + k_{но} - k_{п} - k_{пр}. \quad (9)$$

В таблице представлены рассчитанные коэффициенты доступности районных центров на примере Саратовской области по отношению к административному центру городу Саратову.

Коэффициент доступности будет влиять на среднестатистическую скорость движения автомобиля. Тогда формулу (4) можно представить в следующем виде:

$$t_3 = \frac{2 \sum_{n=1}^i (m_n S_n)}{v_{ср} \sum_{n=1}^i k_{дн}}. \quad (10)$$

Определение наиболее рационального месторасположения дополнительных сервисных центров по формуле (10) будет тем точнее, чем меньше их одновременно надо определить. Лучшие результаты будут при условии нахождения одного дополнительного сервисного центра. Это связано с тем, что по выражению (10) идет подсчет всех показателей по всей рассматриваемой области, не учитывая при этом, что определенное количество техники уже обслуживается головным или существующими дополнительными дилерскими центрами.

Заключение. Определение наиболее рационального количества дополнительных сервисных центров целесообразно производить на основании базовых дилерских стандартов в зависимости от количества сельскохозяйственной техники в рассматриваемой области. Таким образом, можно определить количество дополнительных сервисных центров в любой области и для любого дилера, с учетом его индивидуальных нормативов H_T и H_d .

Коэффициенты доступности районных центров Саратовской области

Наименование районного центра	$K_{дн}$	$K_{но}$	$K_{п}$	$K_{пр}$	K_d
с. Александров Гай	0,5684	0,0000	0,0500	0,0630	0,4554
г. Аркадак	0,8653	0,0874	0,0500	0,0310	0,8718
г. Аткарск	0,8888	0,0958	0,0000	0,0000	0,9846
п. Базарный Карабулак	0,5869	0,0404	0,0500	0,0000	0,5773
г. Балаково	0,7000	0,0908	0,1000	0,0000	0,6908
г. Балашов	0,9676	0,0638	0,0000	0,0130	1,0185
с. Балтай	0,5650	0,0000	0,1000	0,0000	0,4650
г. Вольск	0,8550	0,0610	0,1500	0,0000	0,7660
с. Воскресенское	0,7544	0,0343	0,1000	0,0000	0,6887
п. Дергачи	0,6999	0,0751	0,0500	0,0250	0,7000
п. Духовницкое	0,6325	0,0942	0,1000	0,0570	0,5696
п. Екатериновка	0,8705	0,0000	0,0500	0,0000	0,8205
г. Ершов	0,7013	0,0692	0,0000	0,0000	0,7705
с. Ивантеевка	0,6992	0,0900	0,1000	0,0710	0,6182
г. Калининск	0,9483	0,0246	0,0000	0,0000	0,9729
г. Красноармейск	0,8469	0,0000	0,0500	0,0000	0,7969
г. Красный Кут	0,6385	0,0635	0,0500	0,0000	0,6520
п. Горный	0,6812	0,0916	0,0000	0,0260	0,7468
п. Лысье Горы	0,9429	0,0000	0,0000	0,0000	0,9429
г. Маркс	0,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7000
п. Новые Бурасы	0,6192	0,0384	0,0000	0,0000	0,6575
г. Новоузенск	0,5812	0,0000	0,0500	0,0150	0,5162
п. Озинки	0,7000	0,0000	0,0000	0,0940	0,6060
с. Перелюб	0,6260	0,0000	0,0500	0,1510	0,4250
г. Петровск	0,8564	0,0736	0,0500	0,0000	0,8800
с. Питерка	0,6020	0,0000	0,0500	0,0000	0,5520
г. Пугачев	0,6941	0,0870	0,0500	0,0310	0,7001
п. Ровное	0,7000	0,0106	0,0000	0,0000	0,7106
п. Романовка	0,8865	0,0698	0,0000	0,0550	0,9013
г. Ртищево	0,8741	0,0625	0,0500	0,0000	0,8866
п. Самойловка	0,9562	0,0000	0,0000	0,0000	0,9562
п. Степное	0,6663	0,0398	0,0000	0,0000	0,7060
п. Татищево	0,7057	0,0881	0,0500	0,0000	0,7438
п. Турки	0,8140	0,0887	0,0500	0,0560	0,7967
п. Мокроус	0,6979	0,0361	0,0500	0,0000	0,6839
г. Хвалынский	0,8711	0,0952	0,0500	0,0270	0,8893
г. Энгельс	0,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7000

Методика определения наиболее рационального месторасположения дополнительных сервисных центров включает в себя определение значений эффективного времени t_3 для каждого районного центра и выбор одного районного центра по наименьшему значению величины t_3 . Использование данной методики позволяет определить наиболее рациональное расположение дополнительных сервисных центров в любой рассматриваемой области, основываясь на количестве техники и ее распределении в данной области, а также доступности этой техники по отношению ко всем районным центрам, оцениваемой коэффициентом доступности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варнаков В.В., Стрельцов В.В., Попов В.Н., Карпенко В.Ф. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения. М., 2004. 253 с.
2. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования. М., 2021. 282 с.
3. ГОСТ Р 52398–2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. М., 2005. 5 с.
4. Инновационные направления развития ремонтно-обслуживающей базы для сельскохозяйственной техники / С.А. Соловьев [и др.]. М., 2014. 160 с.
5. Кузнецова М.Н. Транспортное обеспечение логистических систем. М., 2019. 136 с.
6. Молокович А.Д. Транспортная логистика. Минск, 2019. 463 с.
7. Руководство по развитию дилера John Deere «Базовый дилерский стандарт и JD Place». <http://pathways.eame.deere.com/pathways/>.
8. Саакян Д.Н. Система показателей комплексной оценки мобильных машин. М., 1988. 415 с.
9. Тенденции развития инженерного обеспечения в сельском хозяйстве / А.И. Завражных [и др.]. СПб., 2021. 688 с.
10. Теоретическая модель определения местоположения пунктов технического сервиса сельскохозяйственной техники / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. 2019. Т. 14. №6(94). С. 938-945.
11. Шиловский В.Н., Питухин А.В., Костюкевич В.М. Маркетинг и менеджмент технического сервиса машин и оборудования. СПб., 2015. 272 с.
12. Шиловский В.Н., Питухин А.В., Костюкевич В.М. Сервисное обслуживание и ремонт машин и оборудования. СПб., 2019. 240 с.
13. Шишурин С.А., Чумакова С.В., Меденко А.А. Повышение эффективности сервисных центров сельскохозяйственной техники John Deere на территории Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2018. № 8. С. 65-68.
14. Экономическая оценка проектных решений в агроинженерии / В.Т. Водяников [и др.]. СПб., 2019. 436 с.

REFERENCES

1. Varnakov V.V., Streltsov V.V., Popov V.N., Karpenko V.F. Technical service of agricultural machines. Moscow, 2004. 253 p.
2. Golovin S.F. Technical service of transport vehicles and equipment. Moscow; 2021. 282 p.
3. GOST R 52398–2005. Road classification. Basic parameters and requirements. Moscow; 2005. 5 p.
4. Innovative trends in the development of a repair and maintenance base for agricultural machinery / S.A. Solovyov et al. Moscow, 2014. 160 p.
5. Kuznetsova M.N. Transport support of logistics systems. Moscow; 2019. 136 p.
6. Molokovich A.D. Transport logistics. Minsk; 2019. 463 p.
7. John Deere Dealer Development Guide «Basic Dealer Standard and JD Place» <http://pathways.eame.deere.com/pathways/>.
8. Sahakyan D.N. The system of indicators of a comprehensive assessment of mobile machines. Moscow, 1988. 415 p.
9. Trends in the development of engineering support in agriculture / A.I. Zavrazhnov et al. St. Petersburg, 2021. 688 p.
10. Theoretical model for determining the location of points of technical service for agricultural machinery / V.V. Safonov et al. *Scientific life*. 2019; 14; No. 6(94): 938-945.
11. Shilovsky V.N., Pitukhin A.V., Kostyukevich V.M. Marketing and management of technical service of machines and equipment. St. Petersburg; 2015. 272 p.
12. Shilovsky V.N., Pitukhin A.V., Kostyukevich V.M. Service maintenance and repair of machines and equipment. St. Petersburg; 2019. 240 p.
13. Shishurin S.A., Chumakova S.V., Medenko A.A. Improving the efficiency of John Deere agricultural machinery service centers in the Saratov region. *Agrarian scientific journal*. 2018; 8: 65-68.
14. Economic evaluation of design decisions in agricultural engineering / V.T. Vodyannikov et al. St. Petersburg; 2019. 436 p.

Статья поступила в редакцию 22.08.2021; одобрена после рецензирования 27.08.2021; принята к публикации 30.08.2021.

The article was submitted 22.08.2021; approved after reviewing 27.08.2021; accepted for publication 30.08.2021.

