

УДК 658.5

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ© 2025 М.Е. Дьячков¹, С.А. Васин², Е.В. Пантюхина²¹ АО «Рязанское производственно-техническое предприятие «Гранит», г. Рязань, Россия² Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Статья поступила в редакцию 08.10.2025

В статье рассматриваются основные проблемы ритмичного и непрерывного функционирования сервисного обслуживания изделий оборонно-промышленного комплекса в местах базирования, требующие совершенствование данной системы. Представлена разработанная математическая модель процесса сервисного обслуживания изделий оборонно-промышленного комплекса в местах базирования, которая способствует выявлению основных проблем функционирования производственного процесса и получению динамических данных о его реализации под влиянием различных факторов, а также позволяет на основе определения и моделирования препятствующих ритмичному функционированию производства проблемных ситуаций обеспечить минимальную длительность производственного цикла выполнения работ. Рассмотрены алгоритм мониторинга технического состояния изделий в местах базирования, который позволяет исключить неремонтопригодные в местах базирования изделия на этапе согласования план-графика работ, и алгоритм формирования производственного запаса, способствующий своевременному материально-техническому обеспечению работ.

Ключевые слова: оперативно-производственное планирование, сервисное обслуживание, мониторинг технического состояния, ритмичное функционирование производства.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-193-199

EDN: PXUHJS

ВВЕДЕНИЕ

Для более эффективного управления процессом обслуживания изделий оборонно-промышленного комплекса (вооружение и военная техника (ВВТ), далее изделия) на предприятии-исполнителе государственного оборонного заказа функционирует система оперативно-производственного планирования. В методиках оперативно-производственного планирования, которые используются на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК), нет инструментов предварительной диагностики технического состояния изделий, запланированных к обслуживанию, нет прогнозирования сроков выполнения работ, а также их своевременного материально-технического обеспечения [1–4].

Уровень ритмичности на предприятии мал из-за выполнения работ по план-графику изделий, не подлежащих сервисному обслуживанию в местах базирования долгой длительности производственного цикла выполнения работ в связи с несвоевременным материально-техническим обеспечением [5]. По причине данных особенностей процесса снижаются показатели удовлетворенности заказчика и качества выполняющихся работ [6]. Эксплуатирующая организация, выполняющая собственные текущие задачи, производит также организацию проведения работ в местах базирования изделий, что может обернуться в срывы графика работы выездной бригады и в осложнение нормирования технологических операций, а частая смена места дислокации изделий делает нереализуемым оформление маршрутных карт технологических процессов. Поэтому нынешние системы планирования класса MES, MRP II, APS, ERP в данном случае нецелесообразно применять в таких местах базирования, в которых содержится недостаток исходных данных для их работы.

Таким образом, актуальной и важной задачей для таких предприятий является разработка инструментов оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания изделий в местах базирования, которые позволяют более эффективно управлять процессом обслуживания, а также позволяют повысить уровень ритмичности производства.

Дьячков Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, начальник производства. E-mail: ya_max@inbox.ru

Васин Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры «Технология машиностроения». E-mail: vasin_sa53@mail.ru

Пантюхина Елена Викторовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Промышленная автоматика и робототехника». E-mail: e.v.pant@mail.ru

Разработанные ранее методики оперативно-производственного планирования и системы планирования для машиностроительных предприятий, изготавливающих новую продукцию, не могут применяться для ремонтного производства, а инструменты оперативно-производственного планирования, используемые при проведении обслуживания железнодорожного, автотранспорта, сельскохозяйственного оборудования, не учитывают таких свойства процесса, как: невозможное нормирование операций, поскольку график работы выездной бригады зависит от текущего распорядка дня эксплуатирующей организации и погодных условий; постоянная смена мест базирования; большее число запасных частей изделий вооружения и военной техники производится на единственном заводе-изготовителе. Выявленные проблемы процесса сервисного обслуживания изделий: отсутствие запасов материалов и частей для пунктуального обеспечения работ, приводящее к приостановке работ, и отсутствие механизмов, которые позволяют на стадии утверждения план-графика работ выявить изделия, неремонтопригодные в местах базирования, а также спрогнозировать реальные сроки выполнения работ.

ИНСТРУМЕНТЫ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ

Разработка математической модели позволит выявить основные проблемы функционирования производственного процесса и получить динамические данные о его реализации под влиянием всевозможных факторов [7].

В работе [8] представлена разработанная математическая модель процесса сервисного обслуживания изделий ОПК в местах базирования с использованием аппарата сетей Петри [9], описывающая основные проблемные ситуации.

Минимизация длительности производственного цикла выполнения работ является одним из критериев эффективности оперативно-производственного планирования и выражается, следующим образом:

$$T_{np}=k \rightarrow \min,$$

где k – количество тактов моделирования от начального до конечного состояния сети Петри (параметр определяется, если задать последовательность переходов сети Петри $\sigma \in T^*$, где T^* – множество всех подмножеств переходов).

Вышеизложенное описывается следующим образом:

$$\forall M = (P, T, I, O, \mu) \exists \sigma \in T^*: k \rightarrow \min,$$

где M – сеть Петри, состоящая из множества событий P , множества переходов T , входной функции I (отображает входные позиции каждого перехода сети), выходной функции O (отображает выходные позиции каждого перехода) и вектора маркировок μ .

Последовательность переходов $\sigma \in T^*$, обеспечивающая наименьшую длительность производственного цикла, определяется при решении задачи достижимости с применением метода полного перебора маркировок сети.

В общем виде решение задачи оптимизации целевой функции для сети Петри выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} T_{np}(\sigma) = \min T_{np}(\sigma), & \sigma \in T^* \\ \sigma = (t_1, \dots, t_j), & j \in B \\ B = (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21) \end{cases}$$

Следовательно, срабатывание переходов $t5, t8, t12, t14, t16$ приводит к возврату сети назад или заводят её в тупик. Необходимо избегать срабатывания вышеуказанных переходов в модели посредством применения инструментов оперативно-производственного планирования.

С помощью построенной архитектурной модели методики можно определить её основные компоненты, требования к ним и выполняемые ими функции. Основные изменения касаются процесса оперативно-календарного планирования, в частности его внутрицехового уровня (рис. 1).

Сбор данных о техническом состоянии следующих двух условных групп, каждая из которых подразделяется на четыре условные подгруппы, проводится для наблюдения за техническим состоянием изделий.

Первая условная группа «Спецчасть изделия» включает подгруппы радиоэлектронная аппаратура (РЭА) изделия, механические и гидравлические устройства спецчасти изделия (в том числе система жидкостного охлаждения РЭА), антенно-фидерная и волноводная системы, кабельная сеть спецчасти изделия.

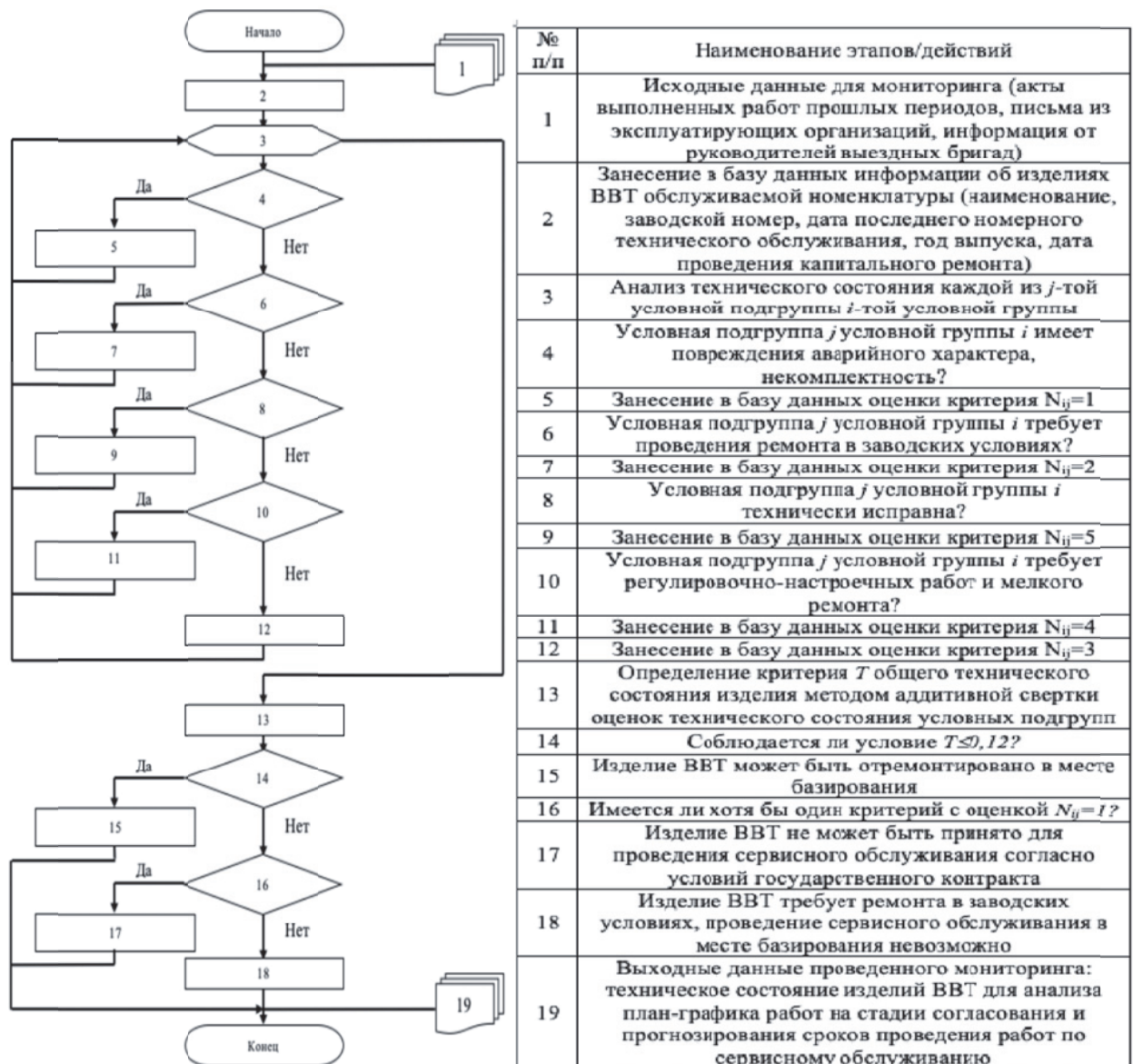


Рис. 1. Методика оперативно-календарного планирования

Вторая условная группа «Базовое шасси изделия» включает подгруппы система электропитания (СЭП) изделия, электрооборудование базового шасси, механические и гидравлические устройства шасси, кабельная сеть базового шасси изделия.

Для вышеуказанных условных групп введён критерий технического состояния N , принимающий значения от 1 до 5 [10]:

$N = 5$: «Условная группа технически исправна, не требует ремонта»

$N = 4$: «Условная группа работоспособна с ограничениями. Требуется проведение регулировочно-настроечных работ и мелкого ремонта».

$N = 3$: «Условная группа технически неисправна. Требуется проведение ремонта на месте базирования изделия с возможным заводским ремонтом отдельных узлов, блоков и агрегатов из состава изделия».

$N = 2$: «Условная группа технически неисправна. Объёмы необходимого ремонта, возможности эксплуатирующей организации не позволяют выполнить ремонт условной группы в месте дислокации ВВТ. Требуется проведение заводского ремонта».

$N = 1$: «Условная группа технически неисправна в результате наличия: (1) повреждений аварийного характера, (2) неустраняемых последствий пожара, (3) фактов хищения комплектующих изделия, (4) иных факторов, не позволяющих принять изделие на сервисное обслуживание согласно государственному контракту».

Критерий T , который определяет общий уровень технического состояния изделия, определяется с помощью аддитивной свертки частных оценок, определяющих критерии N_{ij} . При этом для приме-

нения аддитивной свертки необходимо первоначально применить метод нормализации частных критериев [10].

Критерий T будет представлять собой аддитивную свертку оценок:

$$T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 \frac{\lambda_{ij} * N_{ij}}{5},$$

где i – индекс условной группы, j – индекс условной подгруппы условной группы.

В таком случае, необходимое и достаточное условие ремонта изделия в месте его дислокации: $\forall i = \{1..2\}, j = \{1..4\} (N_{ij} \geq 3 \rightarrow T \leq 0,12)$. При $T \leq 0,12$ на изделии есть возможность проведения сервисного обслуживания на месте его базирования. При других T требуется либо проведение заводского ремонта изделия, либо оформление мотивированного отказа в принятии его на сервисное обслуживание.

На рис. 2 представлен алгоритм мониторинга технического состояния изделий ОПК в местах базирования.

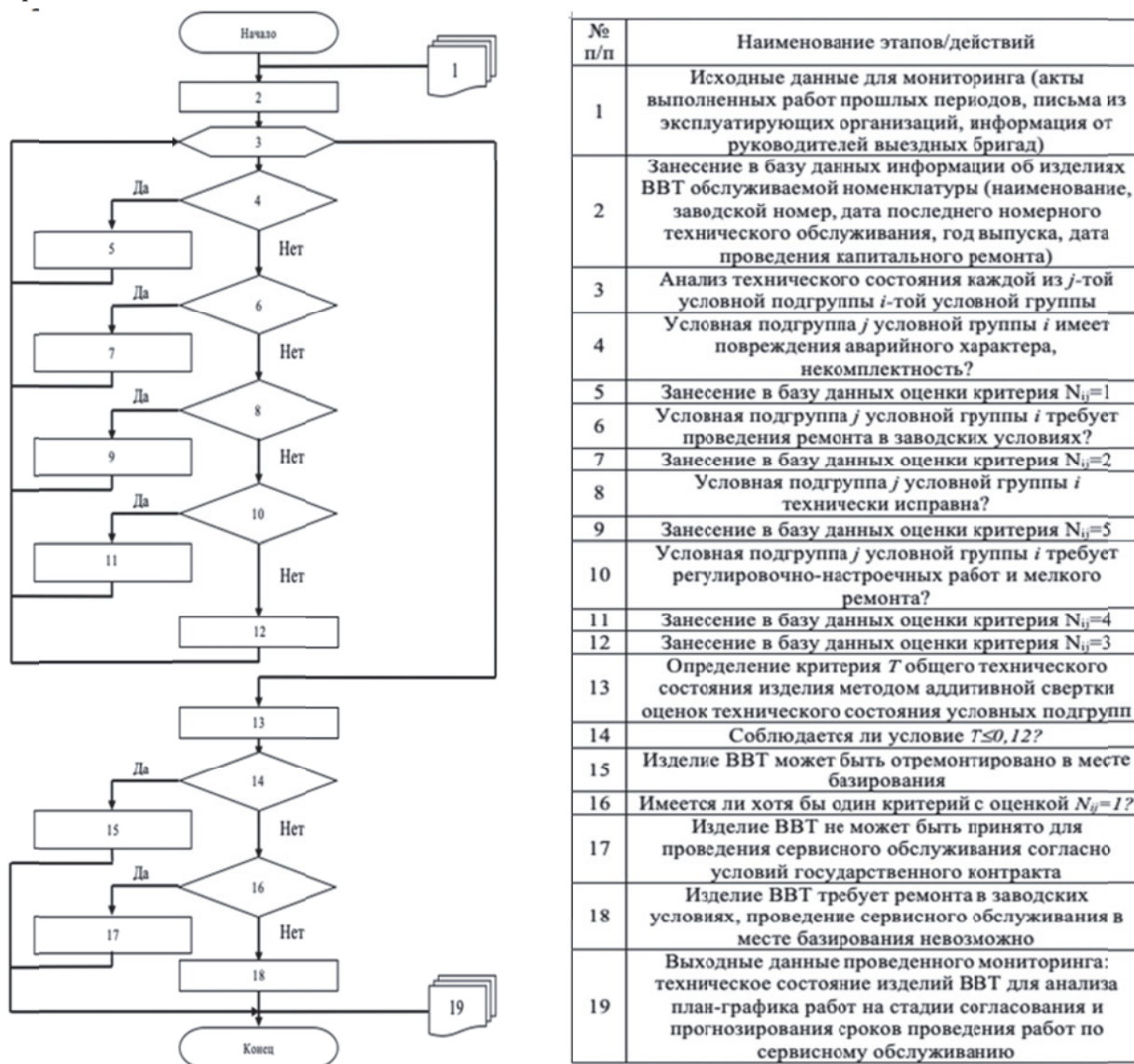


Рис. 2. Алгоритм мониторинга технического состояния изделий в местах базирования

В процессе сбора данных о техническом состоянии изделий немаловажным также является сбор информации о дате проведения последнего номерного технического обслуживания, чтобы заранее исключить из план-графика изделия, на которых нельзя проводить данный вид обслуживания согласно регламента, определенного эксплуатационной документацией. Для планирования сроков выполнения работ также необходимо учитывать плановые спецмероприятия в эксплуатирующих организациях, которые станут препятствием для проведения сервисного обслуживания (например, плановые учения). Все известные данные о сроках их проведения также заносятся в базу данных. Проведение мониторинга технического состояния изделий позволяет существенно снизить риски выезда бригады специалистов на неремонтопригодную в местах базирования технику, тем самым

предотвратить несение убытков предприятием. Кроме того, внедрение данного инструмента в методику оперативно-производственного планирования приводит в конечном итоге к повышению уровня ритмичности производства и позволяет решить одну из проблем, препятствующих ритмичному функционированию производственного процесса в части своевременного исключения неремонтопригодных в местах базирования изделий из план-трафика работ.

Решение задачи своевременного материально-технического обеспечения работ возложено на алгоритм формирования производственного запаса, который необходим при осуществлении внутрицехового планирования, основан на опытно-статистическом методе и учитывает необходимость формирования первоначального запаса материалов для проведения начальных работ по сервисному обслуживанию после заключения контракта [10].

Применим опытно-статистический метод для расчета объема производственного запаса, который основывается на анализе статистической отчетности использования запасных частей. При помощи статистических данных вычисляется расход R_i i -той детали в выборке из n_j изделий j -той номенклатуры (вычисляется удельный расход запасных частей в выборке).

С учетом объема запланированных изделий j -той номенклатуры $V_{\text{тек}j}$ по план-графику проведения работ, утвержденного заказчиком, формула определения текущего запаса имеет вид:

$$Z_{\text{тек}} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{n_j} V_{\text{тек}j}.$$

Величину неснижаемого запаса устанавливают, как правило, в пределах 50% от текущего:

$$Z_{\text{тек}} = 0,5 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{n_j} V_{\text{тек}j}.$$

Первоначальное число запасных материалов, которое необходимо формировать на этапе согласования новых контрактов рассчитывается исходя из расхода материала M_i в выборке из n_j изделий (вычисляется удельный расход материалов в выборке) для каждой j -той номенклатуры обслуживаемых изделий:

$$Z_0 = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p N_{ij}^m = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p \frac{M_i}{n_j}.$$

Следовательно, формула нахождения объема производственного запаса имеет вид:

$$Z = 1,5 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n_j} V_{\text{тек}j}.$$

По результатам прошедшего года производится анализ расхода производственных запасов и корректировка объемов его пополнения в следующем году в большую или меньшую сторону.

Управление производственным запасом осуществляется по принципу постоянной пополняемости неснижаемого запаса запасных частей. То есть в случае, если запасная часть закончилась в текущем запасе и изымается из неснижаемого, то формируется заявка на пополнение склада. Формируемый производственный запас заносится в базу данных и используется впоследствии в процессе внутрицехового планирования производственной деятельности.

Алгоритм формирования производственного запаса представлен на рис. 3.

Внедрение данного алгоритма в качестве инструмента реализации оперативно-производственного планирования способствует осуществлению своевременного материально-технического обеспечения работ с целью снижения длительности производственного цикла выполнения сервисного обслуживания изделий оборонно-промышленного комплекса в местах базирования, а также увеличения уровня ритмичности производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная математическая модель процесса сервисного обслуживания изделий оборонно-промышленного комплекса в местах базирования способствует выявлению основных проблем функционирования производственного процесса и получению динамических данных о его реализации под влиянием различных факторов. Она позволяет на основе определения и моделирования проблемных ситуаций, препятствующих ритмичному и непрерывному функционированию производства, обеспечить минимальную длительность производственного цикла выполнения работ. Представленный алгоритм мониторинга технического состояния изделий в местах базирования позволяет исключить неремонтопригодные в местах базирования изделия на этапе согласования план-графика работ, а алгоритм формирования производственного запаса способствует своевременному материально-техническому обеспечению работ. Усовершенствованная методика оперативно-производственного планирования реализована в виде автоматизированной информационной системы с целью ускорения принятия управленческих решений и снижения роли «человеческого фактора» при реализации данного процесса.

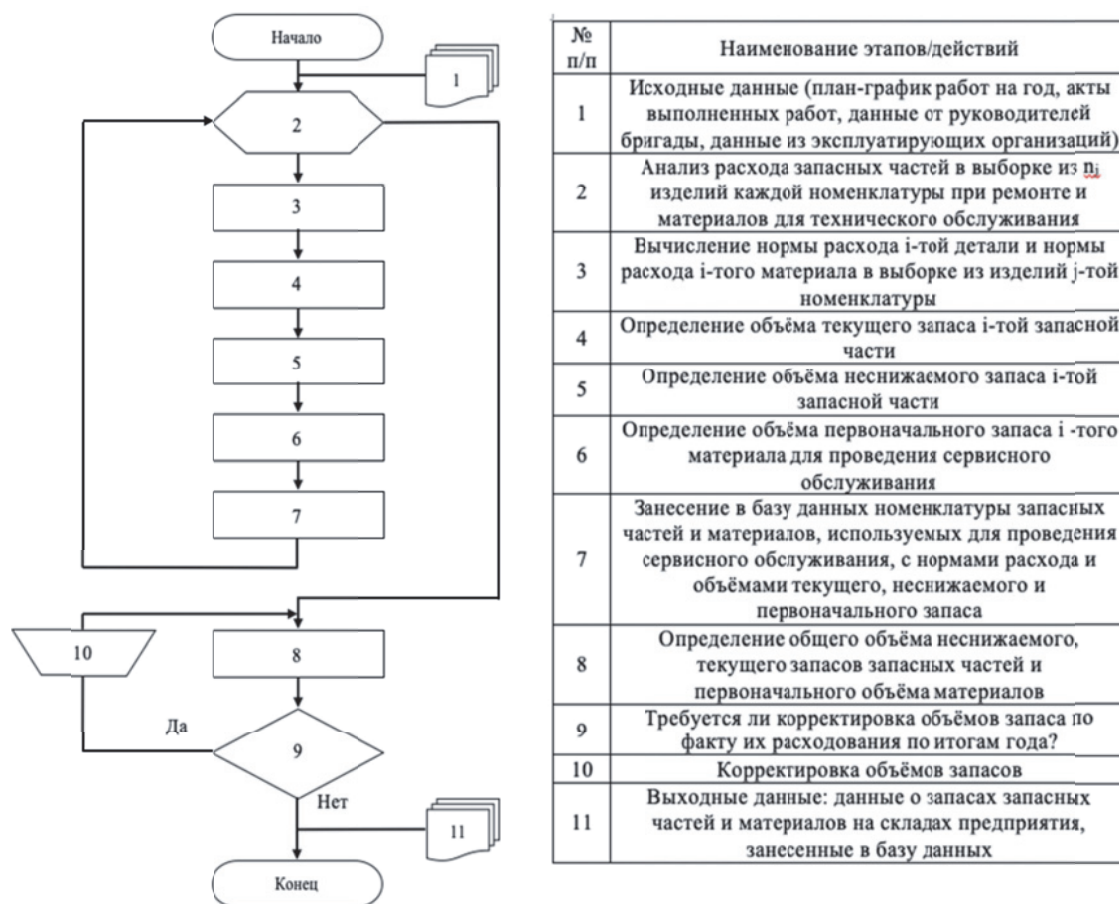


Рис. 3. Алгоритм формирования производственного запаса

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачева, К.А. Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент) / К.А. Грачева, М.К. Захарова, Л.А. Одинцова и др.: под ред. Ю.В. Скворцова, Л.А. Некрасова. – М.: Высш. шк. – 2003. – 470 с.
2. Назаренко, М.А. Разработка методов и средств планирования производственных процессов / М.А. Назаренко, М.М. Фетисова // Организатор производства: теоретический и научно-практический журнал. – 2014. – №4. – С. 26–34.
3. Кобелев, П.А. Проблемы функционирования системы сервисного обслуживания вооружения и военной техники/ П.А. Кобелев, М.Е. Дьячков, Р.В. Шевченко // Технические науки: проблемы и решения. сб. ст. по материалам XXII междунар. науч.-практ. конф. – 2019. – №4 (20). – С. 96–101.
4. Дьячков, М.Е. Оперативно-производственное планирование производственного процесса сервисного обслуживания вооружения и военной техники ПВО/ М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев, Р.В. Шевченко // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2020. – №2. – С.46–50.
5. Толкачев, Н.С. Совершенствования оперативно-календарного планирования, как способ внедрения прогрессивных форм и методов организации производства / Н.С. Толкачев // Символ науки. – 2020. – № 12–1. – С.78–81.
6. Ершова, И.В. Оперативно-производственное планирование: учебное пособие / И.В. Ершова, Т.А. Минеева, Е.В. Черепанова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2016. – 96 с.
7. Волошко, А.Г. Методы моделирования и анализа производственных процессов для разработки стратегии модернизации предприятия / А.Г. Волошко, А.Н. Ивутин, О.С. Крюков // Известия ТулГУ. – 2020. – №12. – С. 36–44.
8. Дьячков, М.Е. Построение математической модели производственного процесса сервисного обслуживания вооружения и военной техники ПВО СВ в войсковых условиях при помощи аппарата сетей Петри / М.Е. Дьячков, Р.В. Шевченко // Русский инженер. – 2021. – № 4 (73). – С. 33–36.
9. Сочнев, А.Н. Оптимизация сборочного производства на основе имитации сетей Петри / А.Н. Сочнев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2021. – №2. – С.133–146.
10. Дьячков, М.Е. Повышение эффективности процесса оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания вооружения и военной техники в местах базирования / М.Е. Дьячков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 440–447.

DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE SYSTEM FOR OPERATIONAL AND PRODUCTION PLANNING OF THE PROCESS OF SERVICING THE PRODUCTS OF THE MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX AT THE LOCATIONS

© 2025 M.E. Dyachkov¹, S.A. Vasin², E.V. Pantyukhina²

¹ Joint stock company «Ryazan Production and Technological enterprise «Granit», Ryazan, Russia

² Tula State University, Tula, Russia

The article discusses the main problems of rhythmic and continuous functioning of service maintenance of military-industrial complex products in places of basing, requiring improvement of this system. A developed mathematical model of the process of service maintenance of military-industrial complex products in the locations is presented, which helps to identify the main problems of the functioning of the production process and obtain dynamic data on its implementation under the influence of various factors, and also allows, based on the definition and modeling of problematic situations that impede the rhythmic functioning of production, to ensure the minimum duration of the production cycle of work. An algorithm for monitoring the technical condition of products in places of basing, which makes it possible to exclude items that are not repairable in places of basing at the stage of approval of the work schedule, and an algorithm for forming a production stock, which contributes to timely material and technical support of work, are considered.

Keywords: operational and production planning, service maintenance, monitoring of technical condition, rhythmic operation of production.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-193-199

EDN: PXUHJS

REFERENCES

1. Gracheva, K.A. Organizatsiya i planirovaniye mashinostroyitel'nogo proizvodstva (proizvodstvennyy menedzhment) / K.A. Gracheva, M.K. Zaxarova, L.A. Odinczova i dr.: pod red. Yu.V. Skvortzova, L.A. Nekrasova. – M.: Vyssh. shk. – 2003. – 470 p.
2. Nazarenko, M.A. Razrabotka metodov i sredstv planirovaniya proizvodstvennykh processov / M.A. Nazarenko, M.M. Fetisova // Organizator proizvodstva: teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal. – 2014. – №4. – pp. 26–34.
3. Kobelev, P.A. Problemy funkcionirovaniya sistemy servisnogo obsluzhivaniya vooruzheniya i voennoj tekhniki / P.A. Kobelev, M.E. Dyachkov, R.V. Shevchenko // Tekhnicheskie nauki: problemy i resheniya. sb. st. po materialam XXII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2019. – №4 (20). – pp. 96–101.
4. Dyachkov, M.E. Operativno-proizvodstvennoe planirovaniye proizvodstvennogo processa servisnogo obsluzhivaniya vooruzheniya i voennoj tekhniki PVO / M.E. Dyachkov, P.A. Kobelev, R.V. Shevchenko // Oboronnyy kompleks – nauchno-texnicheskomu progressu Rossii: mezhotraslevoj nauchno-texnicheskij zhurnal. – 2020. – №2. – pp. 46–50.
5. Tolkachev, N.S. Sovershenstvovaniya operativno-kalendarnogo planirovaniya, kak sposob vnedreniya progressivnykh form i metodov organizatsii proizvodstva / N.S. Tolkachev // Simvol nauki. – 2020. – № 12–1. – pp. 78–81.
6. Ershova, I.V. Operativno-proizvodstvennoe planirovaniye: uchebnoye posobie / I.V. Ershova, T.A. Mineeva, E.V. Cherepanova. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta. – 2016. – 96 p.
7. Voloshko, A.G. Metody modelirovaniya i analiza proizvodstvennykh processov dlya razrabotki strategii modernizatsii predpriyatiya / A.G. Voloshko, A.N. Ivutin, O.S. Kryukov // Izvestiya TulGU. – 2020. – №12. – pp. 36–44.
8. Dyachkov, M.E. Postroyeniye matematicheskoy modeli proizvodstvennogo processa servisnogo obsluzhivaniya vooruzheniya i voennoj tekhniki PVO SV v voyskovykh usloviyakh pri pomoshhi apparata setey Petri / M.E. Dyachkov, R.V. Shevchenko // Russkij inzhener. – 2021. – № 4 (73). – pp. 33–36.
9. Sochnev, A.N. Optimizatsiya sborochnogo proizvodstva na osnove imitatsii setey Petri / A.N. Sochnev // Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. – 2021. – №2. – pp. 133–146.
10. Dyachkov, M.E. Povysheniye effektivnosti processa operativno-proizvodstvennogo planirovaniya servisnogo obsluzhivaniya vooruzheniya i voennoj tekhniki v mestakh bazirovaniya / M.E. Dyachkov // Izvestiya Tula'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2023. – № 4. – pp. 440–447.

Maxim Dyachkov, Candidate of Technical Sciences, Production Director. E-mail: ya_max@inbox.ru

Sergey Vasin, Doctor of Technical, Professor, Professor-Consultant of the Department of Engineering Technology.

E-mail: vasin_sa53@mail.ru

Elena Pantyukhina, Doctor of Technical, Associate Professor, Professor of the Department of Industrial Automation and Robotics. E-mail: e.v.pant@mail.ru