

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ**METHODS FOR ASSESSING THE OPERATING CONDITIONS OF MOBILE SERVICE STATIONS IN THE ARCTIC**

По представлению академика РАН В.И. Бабенкова

П.В. Дружинин¹, А.А. Демьянов², А.Н. Розе²

¹*ВИ (инженерно-технический) ВА МТО им. А.В. Хрулева,*

²*НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО им. А.В. Хрулева*

P.V. Druzhinin, A.A. Demyanov, A.N. Rose

В рамках данной работы приводится анализ природно-климатических факторов, оказывающих влияние на работу арктических станций. Предлагается применение блочных конструкций в Арктической зоне Российской Федерации, уменьшающие трудозатраты при строительных работах в неблагоприятных условиях. Также приводится формула расчета загруженности мобильных станций технического сервиса, позволяющая получить точное входное значение для аппарата нечеткой логики. Обосновывается применение аппарата нечеткой логики, построенного по принципу Мамдани, как метода определения оптимальных мероприятий по обеспечению надежной работы станции в определенных природно-климатических условиях и объемах работ, проводимых на станции.

Ключевые слова: Арктическая зона, арктическая станция, надежность, климат, нечеткая логика.

Annotation. Within the framework of this work, an analysis of natural and climatic factors affecting the operation of Arctic stations is given. It is proposed to use block structures in the Arctic zone of the Russian Federation, reducing labor costs during construction work in adverse conditions. The formula for calculating the workload of mobile service stations is also given, which allows to obtain an accurate input value for the fuzzy logic device. The application of the fuzzy logic apparatus, built on the Mamdani's principle, is justified as a method for determining optimal measures to ensure reliable operation of the station in certain natural and climatic conditions and the amount of work carried out at the station.

Keywords: Arctic zone, Arctic station, reliability, climate, fuzzy logic.

Инженерам при проектировании новых изделий вооружения, военной и специальной техники всегда приходилось находить баланс между затратами на производство образца, его эффективностью и качеством исполнения. К технике и конструкциям, используемым в условиях Арктики, всегда применялись повышенные требования к надежности и износостойкости. Однако если

при проектировании научно-исследовательских станций главным параметром является эффективное решение научно-исследовательских задач, то с появлением в данном регионе объектов военной инфраструктуры актуальной стала проблема чрезмерных затрат при ее эксплуатации [1].

В связи с этим логичным представляется применение блочных конструкций в Арктической

зоне Российской Федерации, в которых каждый отдельный модуль выполняет определенную функцию и возможен к оперативной замене на другой, более актуальный в сложившейся ситуации. Таким образом снимается необходимость проявления строительных работ в неблагоприятных условиях Арктической зоны [2].

В Арктической зоне возможно появление маловероятных неблагоприятных событий, которые в значительной степени могут снизить эффективность работы обслуживающих станций, но при этом проектирование станций, изначально рассчитанных на их воздействие, является экономически нецелесообразным. В связи с этим предлагается следующая концепция:

- при необходимости проведения специфических ремонтных работ станция «дооборудывается» необходимыми модулями;
- при возникновении угрозы появления неблагоприятных событий на станции проводятся соответствующие мероприятия, повышающие ее надежность.

В связи с этим представляется возможным применять аппарат нечеткой логики при оцен-

ке степени негативного воздействия факторов внешней среды и разработке мероприятий по их компенсации [3].

Аппарат нечеткой логики является перспективным методом решения задач подобного типа, так как позволяет принимать «гибкие» решения, адаптированные под конкретное стечение обстоятельств. В рамках данной работы мы будем рассматривать климатические факторы и интенсивность загрузки станции (табл. 1) [4].

Присваивание весовых коэффициентов основным факторам позволяет проводить оценку их влияния в рамках многофакторной имитационной математической модели.

Таким образом, имитационная модель построена по следующему принципу — при каждой новой итерации (расчете) полученные значения факторов внешней среды сравниваются с допустимыми температурными и иными диапазонами работы станции.

Имитационная модель выполнена по принципу метода Монте-Карло, где значения переменных, определяющих целевую функцию модели, выражены в качестве случайных величин

Таблица 1

Природно-климатические факторы Арктической зоны РФ, оказывающие негативное влияние на свойство безотказности мобильных станций технического сервиса (МСТС)

Снижение надежности МСТС	
Основные факторы внешней среды Арктической зоны	Результаты воздействия
Воздействие ветра	Истончение стенок станции, повреждение и разрушение конструкции при сильном ветре
Низкая влажность воздуха (около нуля)	Накопление мощных электростатических зарядов
Воздействие низких температур (– 50) °С	Элементы конструкции станции становятся более ломкими, возрастают энергозатраты на обогрев
Солнечная радиация	Сбой в работе оборудования, деградация лакокрасочных и антикоррозионных покрытий при интенсивности излучения свыше 16,8 кДж/(м ² ×мин) или 6,72 кВт в ч на м ² в сут. Интенсивность излучения в Арктической зоне составляет 12 кВт в ч на м ² в сут. и является постоянной величиной с незначительным отклонением
Полярная ночь Полярный день	Нарушение циркадных ритмов персонала станции (падение работоспособности, повышение вредного воздействия человеческого фактора, ухудшение здоровья)
Сейсмическая активность	Информация о сейсмичности Арктической зоны вызвана недостаточным количеством исследовательских станций. Выяснено, что в Арктической зоне происходят землетрясения магнитудой до 4 баллов, что может отразиться на надежности конструкции станции
Высокая интенсивность работы	
Обслуживание предельного количества колесной и гусеничной военной техники	Общее ускорение износа оборудования на станции, возрастание риска вредного воздействия человеческого фактора, вызванного общей усталостью

Таблица 2

Соотношение балльных оценок и лингвистических переменных

от 1 до 25	Незначительное ухудшение внешней среды
от 25 до 50	Малое ухудшение внешней среды
от 50 до 75	Среднее ухудшение внешней среды
от 75 до 100	Сильное ухудшение внешней среды

с вероятностным распределением в рамках определенного интервала. Впоследствии проводилось множество итераций расчета (экспериментов), по результатам которых уточнялось значение коэффициента совокупного негативного воздействия фактора внешней среды (природного фактора).

Формулу имитационной модели определяют коэффициенты, отражающие степень влияния отдельных факторов Арктической зоны (рис. 1), которые можно разделить на два типа: те, которые не изменяются в течение всего года (солнечная радиация, сейсмическая активность), и те, которые изменяются в зависимости от сезона (влажность, температура, ветер). Коэффициенты постоянных факторов будут вводиться в качестве точных значений, а переменных — вероятностно [5].

На вход в имитационную модель поступают точные или вероятностные значения, определяющие внешнюю среду ее работы, а на выводе формируется совокупный показатель, отражающий уровень «жесткости» факторов внешней среды. При этом в имитационной модели проведено достаточное количество итераций (экспериментов) расчета для получения наиболее точных данных по коэффициенту жесткости природно-климатических факторов (рис. 1).

Основная формула имитационной модели с весовыми коэффициентами (взятыми из исследования Кожевникова Б.Л.) имеет следующий вид:

$$G = \sum (7,3Pt; 4Pw; 2,6Ph; 1,25Psr; 0,4Pp) / 15,55, \quad (1)$$

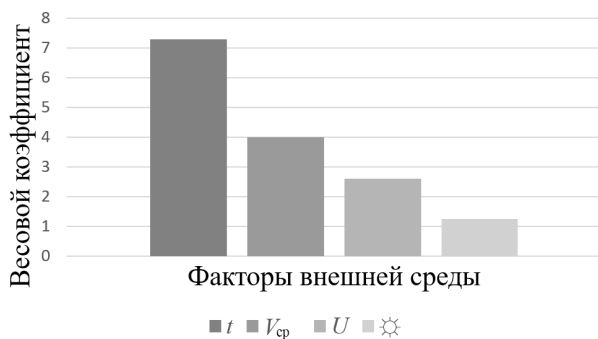


Рис. 1. Диаграмма оценок жесткости климатических факторов по Кожевникову Б.Л.:

t — средняя суточная температура воздуха за декаду самого холодного периода;

U — относительная влажность воздуха;

☀ — прямая энергетическая освещенность солнечным излучением; V_{cp} — средняя скорость ветра

где P(Pt, Pw, Ph, Psr, Pp) — есть вероятность превышения значения фактора (температуры, ветра, влажности, солнечной радиации, сейсмической активности) над предельно допустимым для мобильной станции технического сервиса. Таким образом жесткость природно-климатического фактора определяется по шкале от 0 до 100 (табл. 2) [6, 7].

На выходе имитационной модели формируются лингвистические переменные, определяющие степень жесткости климатического фактора. В табл. 3 представлены пробные данные.

По результатам расчета производится вывод значений, отраженных на графике (рис. 2):

Таким образом по результатам имитационного моделирования можно сделать вывод, что значения распределены между 25 и 50 единицами, и это соответствует отметке «малое ухудшение внешней среды». Таким образом значение коэффициента жесткости природно-климатических факторов принято равным 31.

Второе значение, поступающее на вход аппарата нечеткой логики — степень загрузки станции. Данный коэффициент определяется на основе оценки количества единиц задействованной в Арктических операциях колесной и гусеничной военной техники. Мобильная станция технического сервиса рассчитана на ремонт от 5 до 7 единиц техники в сутки. Следовательно можно составить следующую таблицу интенсивности обслуживания колесной и гусеничной техники (табл. 4).

В качестве примера возьмем ситуацию, при которой станции необходимо проводить ремонт 4 единиц техники в сутки при среднем потребном количестве оборудования на ремонт 3,35. Таким образом коэффициент загрузки оборудования равен 48, что соответствует высокой интенсивности обслуживания техники.

Значения природно-климатических факторов

Фактор	Возможные значения	Нормативное для конструкции
Температура	(+5; –60 °С)	–50 °С
Относительная влажность	(75%–98%)	10%–90%
Солнечная радиация	11,40–12,47 кВт в ч на м ² в сут.	12 кВт в ч на м ² в сут.
Сейсмическая активность	1–4 балла	3 балла
Скорость ветра	0–50 м/с	40 м/с

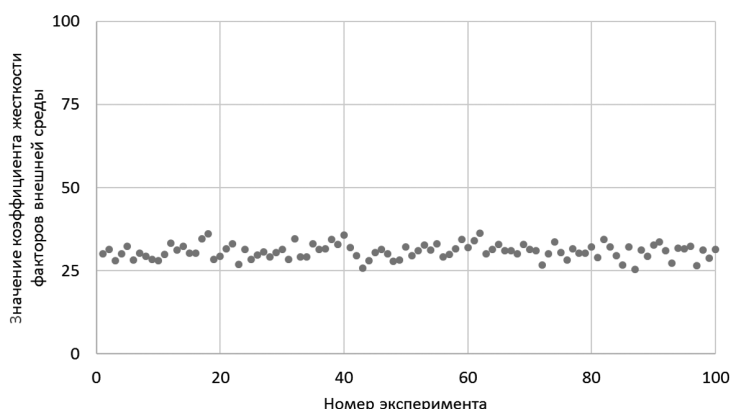


Рис. 2. Распределение результатов экспериментов имитационной модели на жесткость природно-климатического фактора

$$K_I = \frac{Q_n}{Q_d / \frac{E_p}{E_n}},$$

где Q_n — количество колесно-гусеничной техники, поступившей на обслуживание;

Q_d — количество колесно-гусеничной техники, допустимое к ремонту;

E_p — расчетное количество оборудования на ремонт единицы техники;

E_n — принятое количество оборудования (имеющееся).

Таблица 4

Интенсивности обслуживания колесной и гусеничной техники

Баллы	Интенсивность обслуживания
0–30 баллов	Низкая интенсивность обслуживания
20–50 баллов	Средняя интенсивность обслуживания
40–70 баллов	Высокая интенсивность обслуживания
60–90 баллов	Очень высокая интенсивность обслуживания
80–100 баллов	Критическая интенсивность обслуживания

Данные значения коэффициентов поступают на вход в аппарат нечеткой логики [8].

Полученные значения могут быть введены в аппарат нечеткой логики, построенный по принципу Мамдани, где при прохождении этапов дефаззификации и фаззификации становится возможным получение точного значения затрат на те или иные мероприятия обеспечения безотказной работы станции [9, 10].

Дефаззификация построенного нечеткого множества осуществляется по методу «центра тяжести» путем определения значения стоимости мероприятий повышения надежности (в %) и значения жесткости природно-климатического фактора объекта $x = 31\%$, и интенсивности обслуживания $y = 48\%$ по формуле:

$$K_{cb} = \frac{\sum_{z=5}^{100} (\mu_{ijk}(x, y, z) \cdot z)}{\sum_{z=5}^{100} \max \{ \mu_c(x, y, z) \}} = \frac{61,7}{3,28} = 18,8 \approx 19\%,$$

то есть стоимость повышения надежности мобильной станции технического сервиса состав-

ляет 19 %, а видом планируемых работ является «профилактика неисправностей».

Таким образом, применение математической модели позволяет на практике определить наиболее подходящий вид планируемых мероприятий повышения надежности станции за счет повышения точности оценки фактических условий работы мобильной станции технического сервиса и совместного учета значений природно-климатического фактора и интенсивности обслуживания.

Вывод

В рамках данной работы проведен анализ природно-климатических факторов, оказывающих влияние на работу арктических станций. Также разработана формула расчета загруженности мобильных станций технического сервиса. Обосновано применение аппарата нечеткой логики.

Литература

1. Дружинин П.В., Розе А.Н., Демьянов А.А. Методика оптимизации параметров функционирования внедряемых мобильных станций технического сервиса // Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники: сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции. — СПб.: Медиапир, 2020. С. 157–162.

2. Розе А.Н., Демьянов А.А., Дружинин П.В. Эффективность внедрения мобильной станции технического сервиса вооружений и военной специальной техники в Арктическом регионе РФ // Труды V межвузовской научно-практической конференции «Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях», 2020. С. 414–419.

3. Филяев М.П., Демьянов А.А. и др. Особенности математического моделирования действий подразделений технического обеспечения в условиях Арктики // Сборник статей круглого стола на тему: «Технические средства и имущество для размещения в полевых условиях. Состояние и перспективы развития» 25 августа 2020 г. в г. Кубинка. — СПб.: Астерион, 2020. С. 90–96.

4. Розе А.Н., Верихов В.В. и др. Технический расчет пунктов технического сервиса в условиях Крайнего Севера и Арктической зоны // Труды XII общероссийской научно-практической конференции. В 3-х томах. Сер. «Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ» 2020. С. 123–127.

5. Горбунов А.М., Щегула Р.В., Демьянов А.А. и др. Алгоритм размещения мобильных станций технического сервиса в Арктической зоне Российской Федерации // Специальные сооружения и объекты: Актуальные проблемы изысканий, строительства и эксплуатации. Сборник научных трудов участников межвузовской научно-практической конференции. Под редакцией канд. техн. наук Галушко М.М. — СПб: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2020. С. 61–67.

6. Розе А.Н., Демьянов А.А. Оценка эффективности внедрения мобильных станций технического сервиса в условиях Арктики // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов / под ред. А.А. Целыковских. — СПб: Издательство НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО. 2020. Выпуск 4 (18). С. 132–140.

7. Рыбченко И.М. и др. Организационные основы технического обслуживания военной автомобильной техники в районах Крайнего Севера и Арктической зоны // Сборник научных трудов I межведомственной научно-практической конференции «Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники» 30 октября 2019 года. — СПб.: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2019. С. 234–238.

8. Дружинин П.В. и др. Подготовка специалистов для организации технического сервиса автомобильной и инженерной техники в службе тыла МО РФ // Международная научно-методическая конференция «Образование. Наука. Карьера» 24 января 2018 года в Юго-Западном государственном университете (Курск, Россия) в 2-х томах. Том 2. С. 246–250.

9. Заде Л.А. Понятие лингвистической современной и ее применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. — М.: Мир, 1976. 168 с.

10. Корячко В.П. Интеллектуальные системы и нечеткая логика. Учебник / В.П. Корячко. — М.: Курс, 2017. 910 с.