

УДК 621.3.019

© Омельчук А.В., Чуднов И.А.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ СВЯЗИ В ПОСЛЕГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД

Представлено методическое обеспечение определения затрат на эксплуатацию техники и узлов связи в послегарантийный период. Показано, что эффективность использования техники связи с продленными сроками эксплуатации определяется решением задачи оптимизации по минимаксному критерию «стоимость-надежность».

Срок эксплуатации техники связи определяется в зависимости от интенсивности ее использования. Для техники связи с малой интенсивностью использования устанавливается нормативный срок службы до списания T_{cn1} в годах, а для техники связи интенсивного использования (например, работающей в круглосуточном режиме) установлен ресурс до списания T_{cn2} в часах [1]. В первом случае срок эксплуатации определяется как

$$T_э = T_{cn1} \cdot \quad (1)$$

Во втором случае срок эксплуатации определяется на основе величины годового расхода ресурса $t_г$:

$$T_э = \frac{T_{cn2}}{t_г} \cdot \quad (2)$$

Очевидно, что выражения (1), (2) определяют нормативный срок эксплуатации средств связи. В случае превышения нормативного срока эксплуатации выражения (1), (2) принимают вид:

$$T_э = T_{cn1} + T_{ncэ1}, \quad (3)$$

$$T_э = \frac{T_{cn2}}{t_г} + T_{ncэ2}, \quad (4)$$

где $T_{ncэ1}$, $T_{ncэ2}$ – продленный срок эксплуатации средств связи с малой интенсивностью использования и интенсивного использования соответственно.

Эксплуатация техники связи в пределах гарантийного срока сопровождается гарантийным и авторским надзором. Однако для некоторых образцов техники связи нормативный срок эксплуатации превышает гарантийный срок. Затраты на гарантийный и авторский надзор учитываются каждый год в пределах гарантийного срока эксплуатации. В то же время эксплуатация техники связи, ресурс которой превышает гарантийный и/или нормативный сроки, сопровождается затратами, обусловленными необходимостью обеспечения эксплуатации в условиях снятия гарантийных обязательств и продления сроков эксплуатации. Поэтому следует оценить эффективность использования техники связи в послегарантийный период с учетом затрат на ее эксплуатацию.

Для каждого этапа срока эксплуатации техники связи (нормативного и продленного), характеризуемых в выражениях (3), (4) первыми и вторыми слагаемыми соответственно, затраты на эксплуатацию будут иметь различные составляющие. Для нормативного срока эксплуатации эти затраты априорно известны и поэтому в дальнейшем не рассматриваются.

В то же время продление сроков эксплуатации техники связи всегда связано с дополнительными эксплуатационными затратами на внеплановые ремонты, обслуживание и пр. Среднегодовые затраты на эксплуатацию техники связи в продлеваемый период должны содержать затраты по всем статьям (составляющим), включая сопутствующие затраты [2]:

Омельчук Александр Васильевич – кандидат технических наук, заместитель начальника отдела, 4 ЦНИИ Минобороны России;

Чуднов Игорь Анатольевич – начальник группы, войсковая часть 08310.

$$C_{эна} = C_{рем} + C_{то} + C_{тр} + C_{хр} + C_{эл} + C_{гсм} + C_{акб} + C_{лс} - C_{ост} \pm C_{ут}, \quad (5)$$

где $C_{лс}$ – затраты на содержание обслуживающего персонала техники связи;

$C_{гсм}$ – затраты на горюче-смазочные материалы, расходуемые при эксплуатации транспортной базы и электроагрегатов, проведении технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТК) техники связи, размещенных на транспортной базе;

$C_{акб}$ – затраты на приобретение и эксплуатацию аккумуляторных батарей;

$C_{эл}$ – затраты на потребляемую электроэнергию для обеспечения эксплуатации техники связи;

$C_{то}$ – затраты на проведение ТО и ТК техники связи и электроагрегатов;

$C_{рем}$ – затраты на проведение ремонтов техники связи, транспортной базы, электроагрегатов. В дальнейшем затраты на ремонт транспортной базы и электроагрегатов не учитываются;

$C_{тр}$ – транспортные затраты, связанные с доставкой техники связи на ремонтные заводы;

$C_{хр}$ – затраты на хранение техники связи с продленными сроками эксплуатации, ЗИП к ним и других материалов;

$C_{ост}$ – остаточная стоимость техники связи на текущий момент продленного срока эксплуатации;

$C_{ут}$ – затраты на утилизацию техники связи.

Стоимость капитального (КР) и среднего ремонта (СР) техники связи в условиях ремонтных заводов можно определить по формуле:

$$C_{ремз} = C_{мат} + C_{эн} + C_{зн} + C_{обор} + C_{цех} + C_{зав} + C_{проч} + n_p, \quad (6)$$

где $C_{мат}$ – стоимость сырья и материалов для проведения КР и СР;

$C_{эн}$ – затраты на ГСМ и энергию в производственных целях;

$C_{зн}$ – заработная плата рабочего, технического и инженерного персонала с начислениями;

$C_{обор}$ – расходы на содержание и эксплуатацию технологического оборудования;

$C_{цех}$ – цеховые расходы (расходы на содержание зданий, коммуникаций, амортизационные отчисления и пр.);

$C_{зав}$ – общезаводские расходы на содержание административно-управленческого аппарата;

$C_{проч}$ – прочие расходы;

n_p – прибыль предприятия (ремонтного завода).

Стоимость капитального и текущего ремонта тех-

ники связи на местах их эксплуатации, очевидно, имеет несколько другие составляющие расходов и определяется из выражения:

$$C_{рем_yc} = C_{мат} + C_{зн} + C_{ком} + C_{дост} + C_{проч}, \quad (7)$$

где $C_{дост}$ – затраты на доставку материалов, ЗИП и комплектующих к месту проведения ремонтов;

$C_{ком}$ – командировочные расходы привлекаемого к ремонтам персонала ремонтных заводов.

С учетом выражений (6), (7) можно записать формулу для суммарных затрат на проведение КР и ТР в продлеваемый период эксплуатации:

$$C_{рем} = \frac{\sum_{i=0}^n C_{рем_{si}} + \sum_{j=0}^m C_{рем_{ycj}}}{T_{нсэ1,2}}, \quad (8)$$

где n, m – количество КР и СР соответственно за продлеваемый срок эксплуатации.

Затраты на проведение ТО и ТК силами эксплуатирующего персонала определяются исходя из укомплектованности ЗИП-О, ЗИП-Г, объемов поставок электрорадиоизделий (ЭРИ) россыпью и других составляющих. В общем виде затраты на проведение ТО средств связи можно записать в виде:

$$C_{то_j} = C_{зип-о} + C_{зип-г} + C_{эри}, \quad (9)$$

где $C_{зип-о}$ – стоимость ЗИП-О;

$C_{зип-г}$ – стоимость ЗИП-Г для группы средств связи j -го типа, в том числе для восполнения ЗИП-О;

$C_{эри} = \sum_{i=1}^n C_{эри_i}$ – стоимость ЭРИ, поставляемых россыпью;

$C_{эри_i}$ – цена серийно выпускаемой ЭРИ i -го типа (номенклатуры).

В формуле (9) затраты на закупку ЗИП-О учитываются в том случае, если в продлеваемый период для средств связи j -го типа ЗИП-О серийно выпускаются. В противном случае данное слагаемое не учитывается, а учитываются затраты на ЗИП-Г. В свою очередь затраты, связанные с поставкой ЭРИ россыпью, также могут быть включены в стоимость ЗИП-О (в случае его пополнения) или ЗИП-Г в зависимости от их укомплектованности. Однако данные затраты для техники связи с продленными сроками эксплуатации целесообразно учитывать отдельно. Это обусловлено тем, что интенсивность отказов тех или иных ЭРИ в продлеваемый период может не коррелировать с прогнозом характеристик надежности средства связи в нормативный срок его эксплуатации. В

связи с этим объем поставок i -го типа (номенклатуры) ЭРИ может превосходить потребное количество для выполнения ЗИП-О (ЗИП-Г).

Суммарные затраты на проведение ТО и ТК силами эксплуатирующего персонала с учетом привлекаемых сил мастерских по ремонту и ТО средств связи можно записать в виде:

$$C_{mo} = \sum_{j=1}^n (C_{mo_j} + C_{pm_j}), \quad (10)$$

где C_{pm_j} – затраты на содержание мастерских, приходящиеся на ТК и ТО средств связи j -го типа, на 1 год продленного срока эксплуатации.

Транспортные затраты C_{mp} , связанные с доставкой средств связи на ремонтные заводы, зависят от способа доставки – железнодорожным транспортом, авиaperезвозками или автомобильным транспортом эксплуатирующей организации. При доставке техники связи железнодорожным транспортом или путем авиaperезвозок затраты будут определяться исходя из массогабаритных характеристик техники связи и дальности перевозки по установленным тарифам. В общем виде транспортные затраты в этом случае можно определить из выражения:

$$C_{mp_{жд}} = \sum_{i=1}^I C_{пл_i} + \sum_{j=1}^J C_{конм_j} + \sum_{k=1}^K C_{баз_k}, \quad (11)$$

где $C_{пл}$, $C_{конм}$, $C_{баз}$ – тариф платформы, контейнера, грузо-багажа (на каждые 10 кг) соответственно, установленный для тарифной зоны исходя из дальности перевозки;

I, J, K – количество платформ, контейнеров, типовых грузомест соответственно, используемых для транспортировки техники связи.

В случае доставки техники связи автомобильным транспортом эксплуатирующей организации транспортные расходы можно определить из выражения:

$$C_{mp_{ам}} = C_{z_i} N_{z_i} R + C_{m_i} N_{m_i} \left(\frac{N_{z_i} R}{100} \right) + C_{ком} K_{лс}, \quad (12)$$

где C_{z_i} – стоимость одного литра горючего для i -го типа транспортного средства;

N_{z_i} – норма расхода горючего на 100 км i -го типа транспортного средства;

C_{m_i} – стоимость одного литра масла для i -го типа транспортного средства;

N_{m_i} – норма расхода масла на 100 л горючего для i -го типа транспортного средства;

R – дальность перевозки;

$C_{ком}$ – командировочные расходы;

$K_{лс}$ – количество персонала, доставляющего и сопро-

вождающего технику связи к месту проведения ремонта.

В формуле (12) при определении затрат на горючее, масло, нормы расхода должны учитываться климатические условия, для которых установлены дополнительные надбавки расхода [3].

Следует отметить, что транспортные затраты $C_{mp_{ам}}$ не зависят от количества и типа транспортируемой техники связи. В то же время очевидно, что удельные транспортные затраты будут тем меньше, чем большее количество техники связи доставляется в ремонт одной единицей транспорта. Кроме того, формулы (11) и (12) определяют транспортные затраты только на доставку техники связи к месту проведения ремонта. Это обусловлено тем, что доставка к месту проведения ремонта может осуществляться автотранспортом эксплуатирующей организации, а обратно, например, железнодорожным транспортом или наоборот. Поэтому транспортные затраты на доставку к месту проведения ремонта техники связи и обратно будут определяться следующим образом:

- при использовании железнодорожного транспорта:
 $C_{mp} = 2C_{mp_{жд}}, \quad (12a)$

- при использовании автотранспорта:
 $C_{mp} = 2C_{mp_{ам}}, \quad (12б)$

- при использовании железнодорожного и автотранспорта:
 $C_{mp} = C_{mp_{жд}} + C_{mp_{ам}}. \quad (12в)$

Затраты на хранение техники связи с продленными сроками эксплуатации, ЗИП к ним и др. материалов C_{xp} , в том числе перед отправкой в ремонт, определяются исходя из наличия хранилищ (складских помещений) и обслуживающего их персонала. В общем виде затраты на хранение техники связи с продленными сроками эксплуатации определяются по формуле:

$$C_{xp} = \frac{t_{xp}}{T_{nc \in 1,2}} \left(\frac{\bar{C}_{он} + \sum_{i=1}^n \bar{C}_{скл_i}}{V + V_{зип}} + C_{pm} \right), \quad (13)$$

где $\bar{C}_{он}$ – среднегодовые затраты на содержание обслуживающего хранилища (складские помещения) персонала;

$\bar{C}_{скл_i}$ – среднегодовые затраты на эксплуатацию i -го хранилища (складского помещения);

n – количество хранилищ (складских помещений);

$V, V_{зип}$ – количество техники связи, ЗИП и других материалов соответственно, находящихся в хранилищах (складских помещениях);

t_{xp} – продолжительность хранения техники связи, ЗИП и других материалов;

C_{pm} – затраты на расходные материалы в год.

Затраты на потребляемую электроэнергию $C_{эл}$ включают затраты на электроэнергию, потребляемую средствами связи от внешней промышленной электросети $C_{эл1}$, затраты на электроэнергию для заряда АКБ $C_{эл2}$, затраты на ГСМ для обеспечения работы электроагрегатов системы резервного электропитания $C_{эл3}$. Исходя из этого затраты на потребляемую электроэнергию можно определить как сумму затрат по всем этим составляющим:

$$C_{эл} = C_{эл1} + C_{эл2} + C_{эл3}. \quad (14)$$

Затраты $C_{эл1}$ прямо пропорционально зависят от потребляемой мощности средства связи, тарифов на электроэнергию, установленных региональными энергетическими компаниями, и времени работы средства связи от промышленной электросети t и будут определяться как

$$C_{эл1} = P_{cc} S_{эл} t, \quad (15)$$

где P_{cc} – потребляемая мощность средства связи, кВт/ч;
 $S_{эл}$ – стоимость одного кВт/ч электроэнергии.

Очевидно, что для группы из n средств связи с продленными сроками эксплуатации и для узла связи в целом затраты $C_{эл1}$ будут определяться как сумма затрат на каждое i -е средство связи, т.е.

$$C_{эл1} = \sum_{i=1}^n P_{cc_i} S_{эл} t_i. \quad (16)$$

Затраты на электроэнергию для заряда АКБ включают в себя стоимость электроэнергии для заряда кислотных и щелочных АКБ и определяются временем заряда АКБ t_3 , тарифами на электроэнергию, типом АКБ и потребляемой мощностью зарядного устройства $P_{зп}$, т.е.

$$C_{эл2} = \sum_{i=1}^I P_{зп_i} S_{эл} t_{зп_i} + \sum_{j=1}^J P_{зп_j} S_{эл} t_{зп_j}, \quad (17)$$

где $P_{зп_i}, P_{зп_j}$ – потребляемая мощность i -го и j -го зарядных устройств для кислотных и щелочных АКБ соответственно;

$t_{зп_i}, t_{зп_j}$ – время зарядки i -го и j -го кислотного и щелочного АКБ соответственно.

Затраты на ГСМ для обеспечения работы электроагрегатов системы резервного электропитания в выражении (14) учитываются в том случае, если электроагрегат используется для электропитания отдельного средства связи. В противном случае эти затраты должны быть представлены в удельном виде. Это обусловлено тем, что на узлах связи система резервного электропитания явля-

ется общей для всей техники связи и других потребителей. Поэтому затраты на ГСМ для работы электроагрегатов в интересах обеспечения электроэнергией техники связи определяются, как правило, для всего узла связи. Для подвижных аппаратных и средств связи расходы на ГСМ могут определяться согласно формуле (12). При этом в формуле (12) третье слагаемое не учитывается.

Затраты на ГСМ для работы электроагрегатов определяются исходя из норм расхода ГСМ, установленных в [3]. На основании этих норм определяется годовой ресурс электроагрегатов в зависимости от их типа и мощности. В связи с этим среднегодовые затраты на ГСМ могут быть представлены в виде:

$$C_{гсм} = \sum_{j=1}^J \left((C_{э_j} N_{э_j} + C_{м_j} N_{м_j}) W_j + C_{мо_j} \right), \quad (18)$$

где $C_{э_j}, N_{э_j}$ – стоимость одного литра и норма расхода горючего для j -го электроагрегата соответственно;

$C_{м_j}, N_{м_j}$ – стоимость одного литра и норма расхода масла для j -го электроагрегата соответственно;

W_j – годовой ресурс работы j -го электроагрегата;

$C_{мо_j}$ – годовые затраты на ТО j -го электроагрегата.

Для учета затрат $C_{эл3}$ в формуле (14) затраты на ГСМ представляются в удельном виде через потребляемую мощность средством связи следующим образом:

$$C_{эл3} = \frac{C_{гсм} P_{cc}}{\sum_{j=1}^J P_{э_j}} = \frac{\left(\sum_{j=1}^J (C_{э_j} N_{э_j} + C_{м_j} N_{м_j}) W_j + C_{мо_j} \right) P_{cc}}{\sum_{j=1}^J P_{э_j}}, \quad (19)$$

где $P_{э_j}$ – электрическая мощность j -го электроагрегата, $j=1, J$.

Затраты на приобретение и эксплуатацию АКБ в формуле (5) имеют место для техники связи с продленными сроками эксплуатации в том случае, если в этих средствах предусмотрены аккумуляторные батареи (например, носимые радиостанции). Данные затраты имеют две составляющие:

– стоимость собственно АКБ $C_{акб}$;

– стоимость электролита $C_э$, необходимого для обеспечения эксплуатации АКБ на продлеваемый срок эксплуатации средств связи.

Поэтому затраты на АКБ можно представить как сумму этих составляющих:

$$C_{акб} = C_{бат} + C_э. \quad (20)$$

Стоимость АКБ определяется исходя из необходимого их количества для обеспечения эксплуатации техники связи в течение продленного срока эксплуатации. Тогда среднегодовые затраты на приобретение соб-

ственно АКБ будут определяться по формуле:

$$C_{\text{бам}} = \frac{\sum_{j=1}^J K_j C_{\text{бам}_j}}{T_{\text{нсэ}}} = \frac{\sum_{j=1}^J \frac{T_{\text{нсэ}}}{t_{\text{бам}_j}} C_{\text{бам}_j}}{T_{\text{нсэ}}}, \quad (21)$$

где $C_{\text{бам}_j}$ - стоимость j -й АКБ, $j=1, J$;

$t_{\text{бам}_j}$ - срок службы j -й АКБ;

K_j - количество j -х АКБ, необходимых для обеспечения эксплуатации техники связи в течение продлеваемого срока эксплуатации.

В свою очередь стоимость электролита зависит от количества АКБ, емкости электролита, заливаемого в АКБ, и стоимости собственно электролита. Тогда среднегодовые затраты на приобретение электролита для обеспечения эксплуатации АКБ будут определяться из выражения:

$$C_{\text{э}} = \frac{\sum_{j=1}^J K_j V_{\text{бам}_j} S_{\text{э}}}{T_{\text{нсэ}}} = \frac{\sum_{j=1}^J \frac{T_{\text{нсэ}}}{t_{\text{бам}_j}} V_{\text{бам}_j} S_{\text{э}}}{T_{\text{нсэ}}}, \quad (22)$$

где $V_{\text{бам}_j}$ - объем электролита, заполняемый в j -ю АКБ, $j=1, J$;

$S_{\text{э}}$ - стоимость одного литра электролита.

Подставляя формулы (21), (22) в формулу (20) получим выражение для среднегодовых затрат на приобретение и эксплуатацию АКБ в виде:

$$C_{\text{акб}} = \frac{\sum_{j=1}^J \frac{T_{\text{нсэ}}}{t_{\text{бам}_j}} (C_{\text{бам}_j} + V_{\text{бам}_j} S_{\text{э}})}{T_{\text{нсэ}}}. \quad (23)$$

Следует отметить, что затраты на электролит учитываются для обслуживаемых кислотных и щелочных АКБ. При этом затраты на зарядку АКБ учитываются в затратах на потребляемую электроэнергию в виде затрат на электроэнергию по формуле (17).

Среднегодовые затраты, связанные с содержанием обслуживающего персонала техники связи определяются исходя из должностного оклада, премиальных вознаграждений и прочих выплат (социальные компенсации и пр.). Поэтому в общем виде затраты на содержание персонала определяются как сумма затрат по всем составляющим:

$$C_{\text{лс}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_i C_{\text{лс}_{ij}}, \quad (24)$$

где N_i - количество обслуживающего персонала i -й категории, $i=1, n$;

$C_{\text{лс}_{ij}}$ - стоимость содержания одной штатной единицы персонала i -й категории по j -му виду обеспечения, $j=1, m$.

В формуле (5) остаточная стоимость $C_{\text{ост}}$ представляет собой положительный эффект, который уменьшает общую величину среднегодовых затрат $\bar{C}_{\text{эс}}$, в случае реализации техники связи другому потребителю, и поэтому $C_{\text{ост}}$ учитывается со знаком минус.

Аналогично процесс утилизации техники связи с продленными сроками эксплуатации может приносить как положительный, так и отрицательный эффект. Затраты на утилизацию $C_{\text{ум}}$ будут вычитаться из общей величины среднегодовых затрат $\bar{C}_{\text{эс}}$, если стоимость утилизированных материалов (драгоценные, цветные и черные металлы и др.) превышает стоимость работ на проведение утилизации. В противном случае затраты на утилизацию в формуле (5) прибавляются к величине среднегодовых затрат.

При проведении технико-экономической оценки эффективности использования техники связи в послегарантийный период необходимо учитывать фактор времени использования этой техники по назначению и ее простоя из-за неисправностей (отказов) и ремонтов. Продленный срок эксплуатации включает в себя время использования средств связи по назначению, время устранения неисправностей (отказов) и время нахождения (в том числе ожидания ремонта) средств связи в ремонте, т.е.

$$T_{\text{нсэ}1,2} = T_{\text{раб}} + T_{\text{неисп}} = T_{\text{раб}} + \sum_{i=1}^I (t_{\text{нр}_i} + t_{\text{з}_i}) + \sum_{j=1}^J t_{\text{рем}_j}, \quad (25)$$

где $T_{\text{раб}}$ - время нахождения средства связи в работоспособном состоянии;

$T_{\text{неисп}} = \sum_{i=1}^I (t_{\text{нр}_i} + t_{\text{з}_i}) + \sum_{j=1}^J t_{\text{рем}_j}$ - время нахождения средства связи в неисправном состоянии;

$t_{\text{нр}}$ - время, затрачиваемое на нахождение неисправности (отказа);

$t_{\text{рем}}$ - время нахождения средства связи в ремонте, включая время доставки к месту ремонта и обратно;

$t_{\text{з}} = t_{\text{вос}} + t_{\text{досм}}$ - время, затрачиваемое на устранение неисправности;

$t_{\text{вос}}$ - время замены неисправного блока, ТЭЗа и др.;

$t_{\text{досм}}$ - время доставки ЗИП (исправного блока, ТЭЗа и др.);

I, J - количество неисправностей (отказов) и ремонтов в послегарантийный период соответственно.

Очевидно, что экономический выигрыш в компенсации затрат на эксплуатацию техники связи с прод-

ленными сроками эксплуатации за счет сокращения времени, затрачиваемого на ремонт $t_{рем}$, и времени, затрачиваемого на устранение неисправностей t_3 , будет пропорциональным сокращению этих сроков [4]:

$$Z = C_{э_{нс}} (T_{неисн1} - T_{неисн2}), \quad (26)$$

где $T_{неисн1}$, $T_{неисн2}$ – больший и меньший срок нахождения средства связи в неисправном состоянии соответственно.

Окончательно годовой эффект от использования средства связи с продленными сроками эксплуатации определяется в виде [4, 5]:

$$Z = (C_{сеп} + 0,15\bar{C}_{э_{нс}})V_{зод}, \quad (27)$$

где $V_{зод}$ – объем переданной информации средством связи с продленным сроком эксплуатации;

$$C_{сеп} = \frac{\Delta T \cdot T_3 \cdot C_{полн}}{T_p} - \text{себестоимость передачи}$$

одного сообщения;

ΔT – время передачи одного сообщения;

T_p – наработка средства связи;

T_3 – срок эксплуатации, определяемый согласно

(3), (4);

$$C_{полн} = \left[\frac{1}{T_3} \left(\frac{C_{сеп}}{N_0} + C_{сн} \right) + \bar{C}_{э_{нс}} \right] N_0 - \text{полные го-}$$

довые затраты на один образец техники связи;

$C_{сеп}$ – стоимость серийного средства связи;

$C_{сн}$ – затраты на эксплуатацию в течение нормативного (гарантийного) срока;

T_3 – i -й год эксплуатации;

N_0 – количество образцов техники связи в экс-

плуатации.

Продление срока эксплуатации техники связи всегда связано с трудозатратами. Трудозатраты принято выражать через стоимость. Однако в каждом конкретном случае стоимость мероприятий по поддержанию работоспособности и восстановлению ресурса в послегарантийный период будет зависеть от множества различных факторов (технической сложности техники связи, привлекаемых сил и средств, средней заработной платы, накладных расходов и др.). Поскольку трудозатраты учтены в формуле (6) в виде $C_{зн}$ при проведении ремонтов на ремонтных заводах, то представляется целесообразным трудозатраты определить как относительную величину во временной плоскости. В общем виде трудозатраты на выполнение мероприятий по поддержанию работоспособности (восстановления ресурса) одного средства связи определяются из выражения [5, 6]:

$$Q_{нсэ} = \frac{t_{нр}}{T_{раб}} + P_{отк}(T_{раб}) \frac{t_3}{T_{раб}}, \quad (28)$$

где $P_{отк}(T_{раб})$ – вероятность отказа за время $T_{раб}$.

Если в выражении (28) значение $T_{раб}$ принять за наработку средства связи, то $Q_{нсэ}$ будет определять трудозатраты, приходящиеся на 1 час наработки.

Нетрудно показать, что трудозатраты из относительных величин во временной плоскости могут быть представлены в стоимостном выражении. В [4] показано, что в общем случае стоимость трудозатрат зависит от установленной нормы оплаты труда и определяется из выражения:

$$Q_{нсэ} = S_{нчас} C_n W, \quad (29)$$

где $S_{нчас}$ – средняя стоимость одного нормо-часа (средний норматив оплаты труда), установленная нормативным документом;

W – трудоемкость выполнения мероприятий по восстановлению ресурса в нормо-часах в условиях ремонтных заводов или мастерских;

$C_n = C_{нр} + C_\delta + C_{сс}$ – суммарная стоимость затрат на накладные расходы $C_{нр}$, дополнительную заработную плату C_δ и социальное страхование $C_{сс}$.

После определения среднегодовых затрат на эксплуатацию техники связи с продленными сроками эксплуатации $\bar{C}_{э_{нс}}$ по формуле (5) и трудозатрат (временных затрат) $Q_{нсэ}$ на выполнение мероприятий по поддержанию работоспособности по формуле (28) принимается решение о возможности и целесообразности эксплуатации техники связи. Принятие такого решения базируется на решении одной из трех задач оптимизации по минимаксному критерию [5, 6].

1. Обеспечить значение вероятности безотказной работы $P_{бр}(T_{нсэ})$ техники связи в послегарантийный (продлеваемый) период не ниже заданной $P_{зад}(t)$ и минимум трудозатрат $Q_{нсэ}$ при среднегодовых затратах $\bar{C}_{э_{нс}}$, не превышающих заданные $C_{зад}$:

$$\begin{cases} P_{бр}(T_{нсэ}) \geq P_{зад}(t); \\ \bar{C}_{э_{нс}} \leq C_{зад}; \\ Q_{нсэ} \rightarrow \min. \end{cases} \quad (30)$$

2. Обеспечить значение вероятности безотказной работы $P_{бр}(T_{нсэ})$ техники связи в послегарантийный (продлеваемый) период не ниже заданной $P_{зад}(t)$ и минимум среднегодовых затратах $\bar{C}_{э_{нс}}$ при объеме трудозатрат $Q_{нсэ}$, не превышающих заданные $Q_{зад}$:

$$\begin{cases} P_{бр}(T_{нсэ}) \geq P_{зад}(t); \\ Q_{нсэ} \leq Q_{зад}; \\ \bar{C}_{э_{нс}} \rightarrow \min. \end{cases} \quad (31)$$

3. Обеспечить минимальные среднегодовые затраты $\bar{C}_{э_{нс}}$ и трудозатраты $Q_{нсэ}$ при вероятности безот-

казной работы $P_{бр}(T_{нсэ})$ не ниже заданной $P_{зад}(t)$:

$$\begin{cases} \bar{C}_{эвэ} \rightarrow \min; \\ Q_{нсэ} \rightarrow \min; \\ P_{бр}(T_{нсэ}) \geq P_{зад}(t). \end{cases} \quad (32)$$

В выражениях (30) – (32) определяющим показателем является надежность техники связи в виде вероятности безотказной работы $P_{бр}(T_{нсэ})$. Очевидно,

что максимальный годовой эффект Z от использования техники связи в послегарантийный период будет достигаться при решении задачи (32). В то же время, если при выполнении прочих критериев критерий надежности $P_{бр}(T_{нсэ}) \geq P_{зад}(t)$ не выполняется, то продление сроков эксплуатации техники связи не представляется возможным и целесообразным, а сама техника связи подлежит замене [4, 7].

Литература

1. Приказ МО РФ 2005 года № 059.
2. Бабакин А.В. *Определение затрат на эксплуатацию техники и систем связи*. – 3 изд., переаб. и доп. – Санкт-Петербург, издательство СПбГТУ, 2001.
3. Приказ МО РФ 1992 года № 65.
4. Омельчук А.В. *Методика сравнения и выбора оптимального варианта построения каналов и сетей многоканальной радиосвязи*. - Сборник статей 40-й НТК НТОРЭС им. А.С. Попова, 2002.
5. Омельчук А.В., Чуднов И.А. *Методические положения по оценке технического состояния и продлению сроков эксплуатации узлов связи высших звеньев управления РВСН*. – Сборник трудов 4 ЦНИИ МО РФ, 2007.
6. Авакян А.А., Княжев И.И., Реутов О.Н. *К вопросу определения оптимальных периодов профилактического обслуживания систем с восстановлением*. Сборник трудов «Основные вопросы теории и практики надежности». – Москва, Советское радио, 1971.
7. Отчет о НИР «Атаман-1012». - 4 ЦНИИ МО РФ, 2003.

Материал поступил в редакцию 27. 12. 2007г.