

А.В. КОСТРОВ, О.А. ЖДАНОВИЧ

**Подход к управлению комплексом  
научного оборудования  
коллективного пользования**

УДК 005.1:658(075.8)

ФГБОУ ВПО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
г.Владимир

ФГУП «ИРЕА»,  
г. Москва

*Поставлена задача формирования системы управления коллективным использованием оборудования в условиях научно-производственного предприятия. Предложена теоретико-множественная модель элементов производственной системы. На основе частного «облака» типа IaaS с «облачным брокером» предложена архитектура информационной системы, обеспечивающая поддержку управления в условиях информационных воздействий и позволяющая принимать управленческие решения в динамических условиях осуществления деятельности.*

**Общая характеристика условий задачи управления**

Формирование в России производства и рынка наукоемкой высокотехнологичной продукции в значительной степени осуществляется *научно-исследовательскими предприятиями (НПП)* различного профиля. НПП возникли, как правило, на основе профильных научно-исследовательских институтов или по кооперации с ними. Многие НПП относятся к сфере малого и среднего бизнеса, их *основная деятельность (ОД)* как по масштабам, так и по содержанию характеризуется как *единичное или мелкосерийное производство (ЕМП)*, что привносит соответствующую специфику в задачи управления [1,3].

Следует подчеркнуть, что в современных условиях своей деятельности как государственным, так и - в особенности - негосударственным НПП приходится самим и за свой счет решать на основе

самоокупаемости как все вопросы, связанные с ОД, так и разнообразные задачи ее обеспечения [2].

Выполнение научных исследований в интересах высокотехнологического производства – неотъемлемая часть деятельности НПП; соответствующие *бизнес-процессы* (БП) обеспечиваются комплексом специального и универсального оборудования, которое может быть ресурсом двойного назначения: оно может применяться как в научных исследованиях, так и в производстве продукции. В связи с этим управление всеми БП использования таких ресурсов является достаточно специфическим. Важно отметить, что как формирование, так и использование парка оборудования являются практически в полном объеме прерогативой менеджмента предприятия, что требует соответствующей методологической основы [1,3,5].

### Теоретико-множественная модель ресурсов

Каждая единица *научно-производственного оборудования* (НПО) может выполнять некоторый определенный набор *операций*  $O_j$  и может использоваться в различных производственных *режимах*  $Rg_k$ ; различные сочетания операций и режимов определяют номенклатуру услуг  $N$ , которые может оказать данное НПО, причем процесс выполнения каждой услуги имеет соответствующую *длительность производственного цикла* (ДПЦ), определяемую сочетанием используемых операций и режимов. Таким образом, множество  $N_i$  для каждого  $i$ -ого НПО является отображением кортежа операций и режимов

$$\left\{ O_j^M, Rg_k^M \mid j = \overline{1, I^O}; k = \overline{1, I^{Rg}} \right\}_i \xrightarrow{f^N} N_i = \left\{ N_n, ДПЦ_n, D^N \mid n = \overline{1, I^N} \right\}_i, i = \overline{1, I^M} \quad (1)$$

Здесь обозначено:  $I^M$  – количество единиц НПО,  $I^O$  – количество операций,  $I^{Rg}$  – количество производственных режимов его использования,  $I^N$  – количество видов (номенклатура) услуг, производимых на  $i$ -ом НПО,  $D^N$  – множество атрибутов услуг (наименование, описание, порядок выполнения и т.д.).

Кроме того, каждая единица НПО характеризуется *совокупной стоимостью владения* (ССВ), или *ТСО* (*Total Cost of Ownership*, *англ.*);  $ТСО_i$  представляет собой множество

$$TCO_i = \{C_l, D^C \mid l = \overline{1, I^C}\}_{i = \overline{1, I^M}}, \quad (2)$$

где  $I^C$  - количество составляющих,  $D^C$  – множество атрибутов составляющих  $TCO_i$  (наименование, описание и т.д.). Состав  $TCO_i$  определяется принятой моделью; так, по аналогии с [1,6] может использоваться детальная модель, позволяющая учесть особенности *жизненного цикла* (ЖЦ) НПО как изделия (рис. 1).

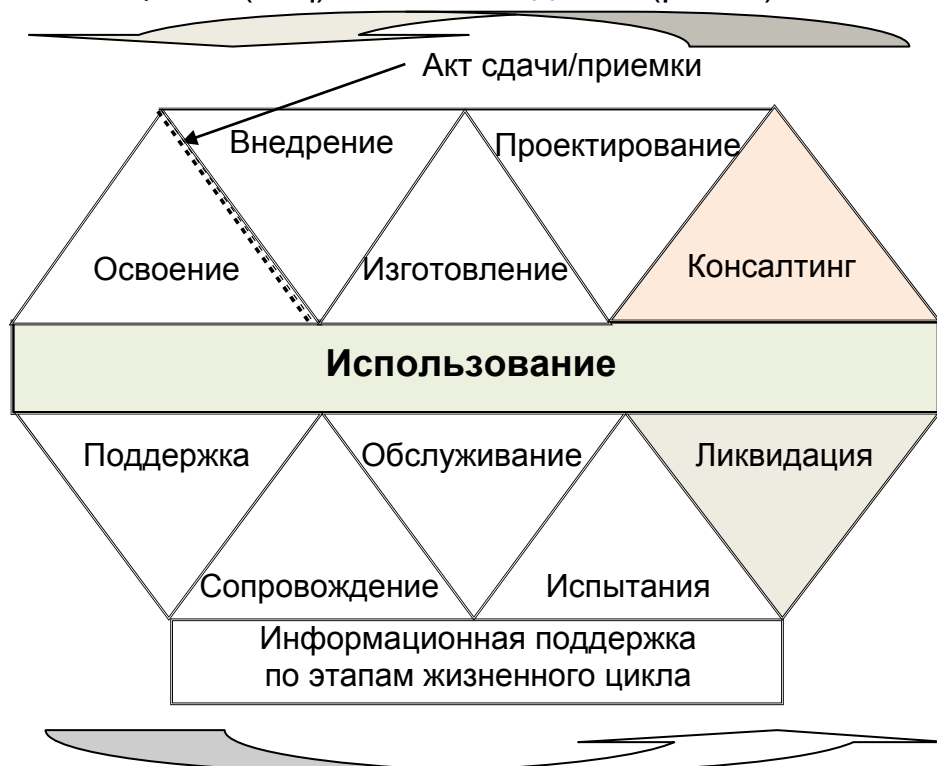


Рис. 1. Модель совокупной стоимости владения

В этой модели содержание составляющих достаточно очевидно; можно только отметить, что затраты, непосредственно связанные с использованием НПО при оказании услуг (зарплата персонала, амортизация, содержание производственных помещений, технологические затраты энергии и материалов и т.д.), входят в состав элемента «Использование».

Величина ССВ – это сумма всех затрат, связанных с использованием каждого НПО в течение всего его ЖЦ, то есть

$$C_{TCO_i} = \sum_{l=1}^{I^C} C_{li}, i = \overline{1, I^M}. \quad (3)$$

При определении величины суммарных затрат  $C_{TCO_i}, i = \overline{1, I^M}$ , необходимо учитывать, что составляющие  $C_{l_i}, i = \overline{1, I^M}, l = \overline{1, I^C}$ , как изменяются в течение ЖЦ, так и зависят от режима использования НПО. Так, по модели рис. 1 видно, что затраты в стадиях *консалтинг, проектирование, изготовление, внедрение и освоение* имеют место, в основном, в начале ЖЦ; затраты по функциям *поддержка, обслуживание, сопровождение, испытания и информационная поддержка по этапам жизненного цикла* могут случайным образом возникать в течение ЖЦ. Затраты, связанные с *использованием* НПО, также являются случайными и зависят от режима использования НПО. В соответствии с этим для составляющих справедливо выражение

$$C_l = \int_{T_n}^{T_k} C_l(t) dt, l = \overline{1, I^C}, \quad (4)$$

где  $T_n, T_k$  – начало и конец ЖЦ соответственно. Тогда суммарные затраты

$$C_{TCO_i} = \sum_{l=1}^{I^C} \int_{T_n}^{T_k} C_l(t) dt = \int_{T_n}^{T_k} \sum_{l=1}^{I^C} C_l(t) dt = \int_{T_n}^{T_k} \delta C_{TCO_i}(t) dt, i = \overline{1, I^M}, \quad (5)$$

где  $\delta C_{TCO_i}(t)$  – суммарные затраты по всем составляющим ССВ в текущий момент времени, их величина ограничена доступными в данный момент средствами, то есть  $\delta C_{TCO_i}(t) \leq \delta C_{TCO_i}(t)_{\text{доп}}$ .

В этих условиях модель НПО представляет собой множество

$$M_i = \{N_i, TCO_i, D^M\}, i = \overline{1, I^M}, \quad (6)$$

где в дополнение к ранее принятым обозначениям  $D^M$  – множество атрибутов НПО (наименование, место расположения, условия применения и т.д.).

В соответствии с принятой моделью каждая единица НПО может оказать/произвести некоторый максимальный, или потенциальный, объем услуг/продукции  $P_{\text{пот}i}$ , представляющий собой производственный ресурс соответствующей единицы НПО, и получить при его реализации соответствующий доход; величина  $P_{\text{пот}i}$  является отображением множества  $M_i$

$$M_i \xrightarrow{f^P} P_{\text{пот}i}, \quad (7)$$

где  $f^P$  – функция отображения. Таким образом, на оказание услуг в объеме  $P_{\text{пот}i}$  затрачиваются средства в объеме  $C_{\text{ТСО}i}$ . Соотношение  $P_{\text{пот}i}$  и  $C_{\text{ТСО}i}$  определяет потенциальную экономическую эффективность применения данного НПО в деятельности НПП, то есть

$$\mathcal{E}_{\text{пот}i} = \frac{P_{\text{пот}i}}{C_{\text{ТСО}i}}, \quad (8)$$

Комплекс НПО (КНПО), имеющийся в распоряжении НПП, - множество

$$KM = \{M_i | i = \overline{1, I^M}\} = \bigcup_{i=1}^{I^M} M_i, \quad (9)$$

объединяет все НПО во всех отношениях – и по операциям, и по режимам, и по номенклатуре услуг [6]. Так, автономными НПО в комплексе выполняется множество  $N^M$  услуг  $N_i$ , то есть

$$N^M = \bigcup_{i=1}^{I^M} N_i, i = \overline{1, I^M}, \quad (10)$$

где учитывается, что разные НПО могут оказывать одни и те же услуги. Кроме того, в составе комплекса, кроме множества  $N^M$ , могут быть оказаны также некоторые комплексные услуги  $N_q$ , для выполнения которых требуется совместное использование нескольких различных НПО, то есть *рабочих центров* (РЦ); множество таких услуг

$$N^Q = \{N_q, \text{ДПЦ}_q, D^Q | q = \overline{1, I^Q}\}, \quad (11)$$

где  $I^Q$  – количество комплексных услуг,  $D^Q$  – множество атрибутов комплексных услуг (наименование, описание, порядок выполнения и т.д.). Таким образом, номенклатура услуг КНПО является объединением как услуг отдельных НПО, так и комплексных услуг, то есть

$$N_{KM} = N^M \cup N^Q. \quad (12)$$

Суммарный ресурс КНПО  $P_{\text{пот}\Sigma}$  – сумма ресурсов отдельных НПО, то есть

$$P_{\text{пот}\Sigma} = \sum_{i=1}^{I^M} P_{\text{пот}i} \quad (13)$$

- это максимальный, или потенциальный, объем услуг/продукции, который может быть выполнен на этом комплексе; он является ресурсом предприятия.

Совокупная стоимость владения КНПО  $C_{\text{ТСО}\Sigma}$  отражает суммарные затраты предприятия на создание и использование комплекса, то есть

$$C_{\text{ТСО}\Sigma} = \sum_{i=1}^{I^M} C_{\text{ТСО}i}; \quad (14)$$

соотношение  $P_{\text{пот}\Sigma}$  и  $C_{\text{ТСО}\Sigma}$  определяет потенциальные экономические показатели применения КНПО в деятельности НПП, в частности, его эффективность

$$\mathcal{E}_{\text{пот}\Sigma} = \frac{P_{\text{пот}\Sigma}}{C_{\text{ТСО}\Sigma}}. \quad (15)$$

### Постановка задачи управления ресурсами

В практике применения НПО нужно управлять ресурсами в полном соответствии с принципами производственного менеджмента. Потенциальный объем ресурсов  $P_{\text{пот}\Sigma}$ , в конце концов – парк НПО, или КНПО, определяется при стратегическом планировании деятельности, эта задача, а также распределение ресурсов по структуре НПП выходят за рамки настоящей работы. При этом важно учитывать, что невозможно постоянно полностью использовать потенциальные ресурсы. Обычно в распоряжении менеджмента бывает только какая-то их часть – *располагаемые ресурсы*  $P_{\text{расп}} < P_{\text{пот}}$ , что определяется степенью освоения НПО; это означает, что использование НПО нужно планировать и оценивать их использование в пределах имеющихся ресурсов. При планировании использования НПО на основе регламентов выполнения работ и ДПЦ формируются графики использования выделенных ресурсов и определяются потребности в ресурсах  $P_{\text{пл}}$ , причем  $P_{\text{пл}} < P_{\text{расп}}$ . По существу это означает, что для выполнения работ должны быть такие ресурсы, чтобы все работы выполнялись по графику в заданные сроки. Величина фактического потребления ресурсов при выполнении работ  $P_{\text{факт}}$

может быть как больше, так и меньше плановой, что определяется соотношением качества планирования и производственного менеджмента. Таким образом, при организации управления ресурсами строится следующая цепь ключевых показателей [5,6]:

$$P_{\text{пот}} \longrightarrow P_{\text{расп}} \longrightarrow P_{\text{пл}} \longrightarrow P_{\text{факт}} \quad (16)$$

На каждом из переходов по этой цепи имеют место потери ресурсов. На этапе освоения – это *недоступные потери*  $\Delta P_{\text{нп}} = P_{\text{пот}} - P_{\text{расп}}$ , которыми менеджмент не сможет воспользоваться; *потери при планировании*  $\Delta P_{\text{пл}} = P_{\text{расп}} - P_{\text{пл}}$  характеризуют качество плана и по существу является резервом в управлении; величина  $\Delta P_{\text{факт}} = P_{\text{пл}} - P_{\text{факт}}$  при  $\Delta P_{\text{факт}} < 0$  отражает перерасход, при  $\Delta P_{\text{факт}} > 0$  – экономию ресурсов по отношению к плановым показателям при выполнении работ. Таким образом, сводная картина в задаче управления ресурсами имеет следующий вид:

$$P_{\text{пот}} \begin{array}{l} \nearrow \Delta P_{\text{нп}} \\ \searrow P_{\text{расп}} \end{array} \begin{array}{l} \nearrow \Delta P_{\text{пл}} \\ \searrow P_{\text{пл}} \end{array} \begin{array}{l} \nearrow \Delta P_{\text{факт}} \\ \searrow P_{\text{факт}} \end{array}, \quad (17)$$

характеристики использования ресурсов представлены в табл. 1.

Показатели эффективности управления ресурсами могут быть различными, но в соответствии с неизбежными потерями всегда будет  $\mathcal{E}_{\text{пот}} > \mathcal{E}_{\text{расп}} > \mathcal{E}_{\text{пл}}$ . Эффективность – ключевой показатель качества управления. Для ее повышения нужно увеличивать объем используемых ресурсов, то есть объем оказанных услуг/выпущенной продукции, или снижать уровень потерь; суммарные потери равны [6]

Таблица 1

#### Характеристики использования ресурсов

Наименование показателя	Показатель	
	плана	менеджмента
Объем	$P_{\text{пл}}$	$P_{\text{факт}}$
Резерв	$\Delta P_{\text{пл}} = P_{\text{расп}} - P_{\text{пл}}$	$\Delta P_{\text{факт}} = P_{\text{пл}} - P_{\text{факт}}$
Загрузка	$3_{\text{пл}} = \frac{P_{\text{пл}}}{P_{\text{расп}}}$	$3_{\text{факт}} = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{расп}}}$
Качество	$K_{\text{пл}} = \frac{\Delta P_{\text{пл}}}{P_{\text{расп}}}$	$K_{\text{мен}} = \frac{\Delta P_{\text{факт}}}{P_{\text{пл}}}$
Напряженность	$H_{\text{пл}} = \frac{\Delta P_{\text{пл}}}{P_{\text{пл}}}$	$H_{\text{мен}} = \frac{\Delta P_{\text{факт}}}{P_{\text{факт}}}$
Использование резерва	$I_{\text{рез}} = \frac{\Delta P_{\text{факт}}}{\Delta P_{\text{пл}}}$	

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{нп}} + \Delta P_{\text{пл}} + \Delta P_{\text{факт}} = P_{\text{пот}} - P_{\text{факт}}, \quad (18)$$

откуда следуют пути их уменьшения, то есть

$$\Delta P_{\Sigma} \xrightarrow{\Delta P_{\text{нп}}, \Delta P_{\text{пл}}, \Delta P_{\text{факт}}} \min. \quad (19)$$

Для повышения эффективности также нужно снижать ССВ, то есть

$$C_{\text{ТСО}\Sigma} \xrightarrow{C_{\text{ТСО}i, i=1, I^M}} \min, \quad (20)$$

где, в свою очередь,

$$C_{\text{ТСО}i} \xrightarrow{C_{li, l=1, I^C}} \min. \quad (21)$$

### Общая характеристика условий задачи управления

По своему существу задачей управления ресурсами является удовлетворение потребностей НПП в ресурсах в заданные сроки по их номенклатуре и объему. Сроки определяют программа выполнения исследований и план производства продукции, номенклатура и объем по позициям задаются характером выполняемых БП. При всей очевидности и типовом характере такой постановки задачи на практике ее решение в условиях НПП оказывается сложным.

Во-первых, в современных условиях деятельности НПП целесообразно формировать по возможности плоскую иерархию системы управления для повышения ее эффективности, это одно из основных направлений совершенствования менеджмента [8]. При этом подразделениям вменяются в качестве ОД определенные БП, для выполнения которых они наделяются ресурсами  $P_c$ . Правда, в связи с высокой стоимостью НПО и необходимостью его загрузки полностью обеспечить им БП всех подразделений не удастся, и подразделения кооперируются в вопросах использования тех или иных НПО. Для этого центру приходится делегировать полномочия и предоставлять возможно более широкие права в области принятия решений производственным подразделениям, в том числе, и в вопросах управления ресурсами. Это означает, что подразделения сами планируют работы, формируют график подачи ресурсов в производство, заказывают ресурсы  $P_{\text{вк}}$  по внутренней кооперации другим подразделениям-владельцам ресурсов, а также ресурсы  $P_{\text{вн}}$  у



сторонних партнеров и получают их в свою ОД, контролируют их потребление в исследованиях и производстве, а также потери. Как следствие, подразделения принимают на себя все связанные с этими процессами риски (рис. 2).

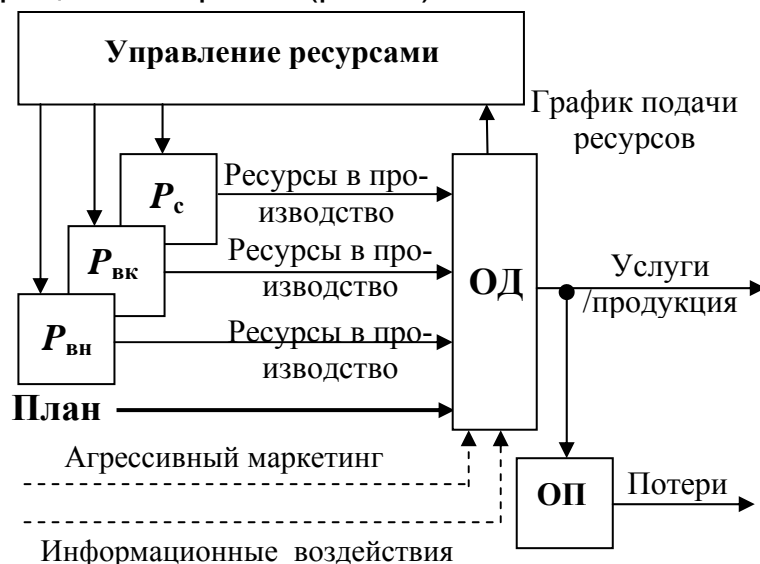


Рис. 2. Схема управления ресурсами

Во-вторых, потребление различных ресурсов и, соответственно, потребности в них характеризуются высоким уровнем неопределенности, которая вытекает из особенностей выполнения научных исследований в условиях единичного или мелкосерийного производства, что существенно осложняет управление ресурсами и снижает их эффективность.

В-третьих, реальные возможности производственных подразделений в вопросах управления за пределами своей бизнес-сферы ограничены, обеспечить высокое качество процессов получения ресурсов, как правило, не удастся; снижение рисков срыва графика выполнения работ и плана производства достигается за счет снижения показателей напряженности и увеличения нормы страховых запасов ресурсов. В связи с этим возникают потери в виде невыполненных исследований и невыпущенной продукции [5].

В-четвертых, в настоящее время деятельность НПП осуществляется в условиях существенной нестабильности рынков, что приводит к повышению риска срыва получения ресурсов по внешним для НПП причинам. Внешние факторы - *информационные воздействия*, в частности, *агрессивный маркетинг* поставщика ресурсов,

– могут побуждать подразделения НПП увеличивать страховой объем ресурсов по сравнению с обоснованным объемом [2].

При этом проявляется действие так называемого «*принципа дефицита*» из теории активных систем: *ценность чего-либо позитивного в наших глазах существенно увеличивается, если оно становится недоступным* [2, с. 163]. В этих условиях стремление снизить риск остановки работ из-за возникновения дефицита по внешним причинам приводит к стремлению увеличить ресурс  $P_c$  парка НПО, находящегося в распоряжении подразделения, и к завышению объема заявок на поставки ресурсов по внутренней  $P_{вк}$  и по внешней  $P_{вн}$  кооперации по сравнению с нормативными объемами. Как следствие, при сверхнормативном увеличении объема ресурсов могут существенно снижаться показатели использования ресурсов НПО, в частности, их эффективность, поскольку возрастут соответствующие составляющие затрат в составе ССВ.

Блок-схема алгоритма управления ресурсами представлена на рис. 3.

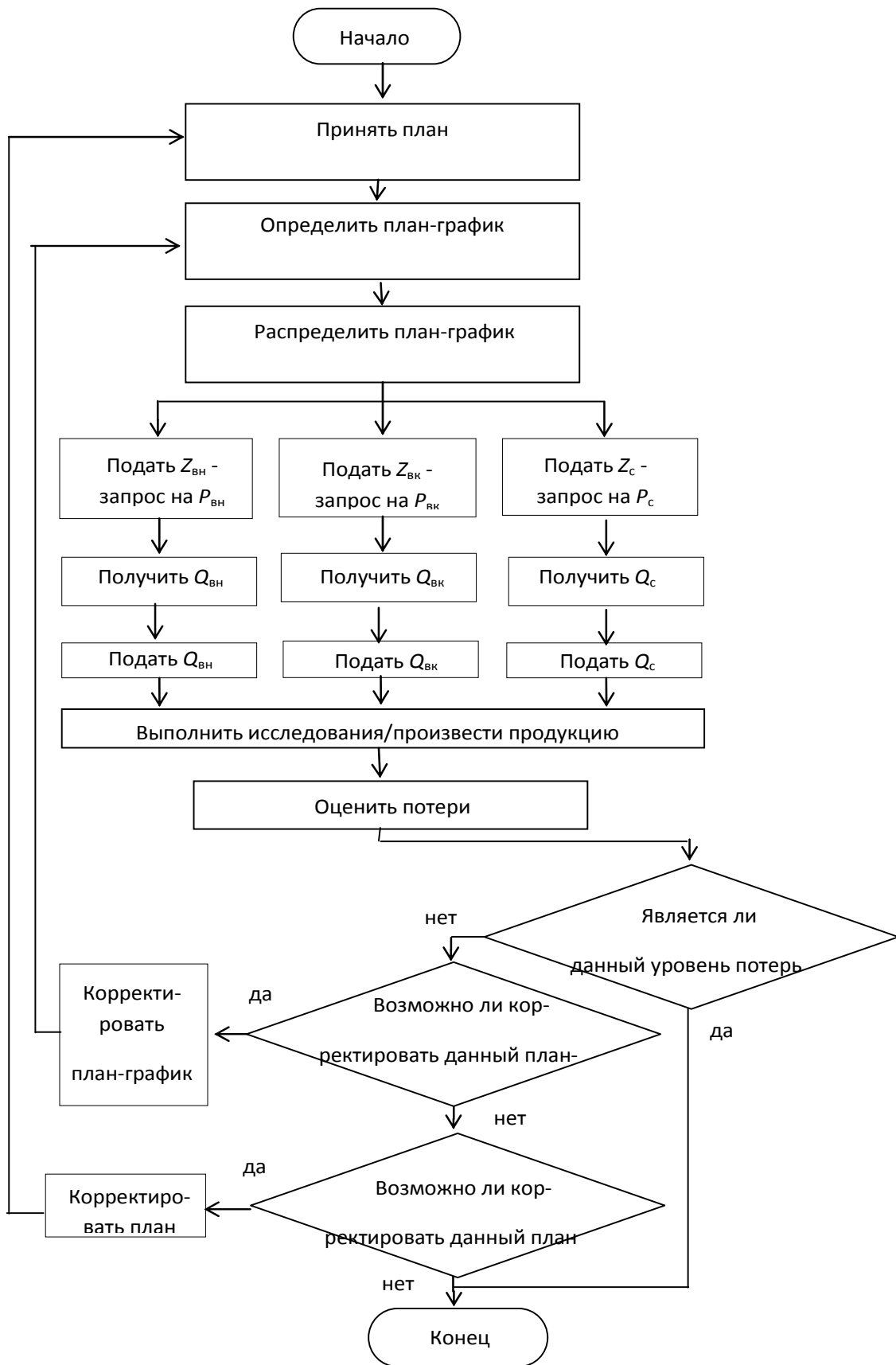


Рис. 3. Блок-схема алгоритма управления ресурсами

В соответствии с рис. 2 и 3 целевая функция управления ресурсами в форме минимизации потерь может быть описана следующим выражением:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{оп}} &= \Delta P_{\text{пл}} + \Delta P_{\text{факт}} = \\ &= \Phi \{ Z_{\text{с}}, Z_{\text{вк}}, Z_{\text{вн}}, Q_{\text{с}}, Q_{\text{вк}}, Q_{\text{вн}}, \Delta G_{\text{с}}, \Delta G_{\text{вк}}, \Delta G_{\text{вн}}, C_{\text{ТСО}}, K_{\text{НП}}, K_{\text{П}} \} \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (22)$$

где введены следующие обозначения:

$\Delta P_{\text{оп}}$  – потери ресурсов в оперативном управлении;

$Z_{\text{с}}, Z_{\text{вк}}, Z_{\text{вн}}$  - заявки на ресурсы собственного НПО, а также по внутренней и внешней кооперации соответственно; заявки подают все подразделения независимо друг от друга в соответствии с планом и графиком работ;

$Q_{\text{с}}, Q_{\text{вк}}, Q_{\text{вн}}$  - подача соответствующих ресурсов в производство, она осуществляется в соответствии с планом и графиком работ;

$\Delta G_{\text{с}}, \Delta G_{\text{вк}}, \Delta G_{\text{вн}}$  – отклонения в графике подачи ресурсов;

$C_{\text{ТСО}}$  – ССВ соответствующих единиц НПО;

$K_{\text{НП}}$  – коэффициент напряженности плана работ;

$K_{\text{П}}$  – коэффициент превышения объема заявок по сравнению с нормативным.

Оперативное формирование эффективных управленческих решений по использованию ресурсов НПО в соответствии с планом и графиком выполнения работ – исследований и производства – в условиях единичного и мелкосерийного производства при широкой номенклатуре выполняемых операций требует развитой информационной поддержки и квалифицированных специалистов, что существенно обременяет основную деятельность. Таким образом, обеспечение эффективности управления ресурсами НПО только силами подразделений является достаточно сложной задачей; централизация же управления этим БП приведет к необходимости увеличения числа уровней управления и снижению эффективности управления НПП в целом.

### **Система управления с облачным брокером**

В этих условиях в составе системы управления ресурсами НПО целесообразно формировать на кооперативных началах специальную системную поддержку принятия решений для нескольких подразделений или их сети, для чего значительный интерес представ-

ляют *облачные технологии (cloud technologies, англ.)*. На этой основе можно обеспечить поддержку взаимодействия подразделений при коллективном использовании уникального НПО как с внешними поставщиками услуг НПО, так и между собой.

«Облачные» технологии - модель обеспечения распределенного сетевого доступа по требованию (*on demand – по требованию, англ.*) к общему пулу конфигурируемых ресурсов, которые могут быть оперативно предоставлены *клиенту/потребителю* или освобождены с минимальными эксплуатационными затратами и/или обращениями к *провайдеру/поставщику*.

Из известных моделей развертывания «облаков» условиям поставленной задачи управления ресурсами НПО в пределах сети подразделений НПП отвечает так называемое *частное «облако» (private cloud, англ.)* — инфраструктура, предназначенная для использования одной организацией, включающей нескольких потребителей (например, подразделений одной организации), а также клиентами и подрядчиками данной организации. Частное «облако» может находиться в собственности, управлении и эксплуатации как самой организации, так и третьей стороны (или какой-либо их комбинации), и может физически существовать как внутри, так и вне юрисдикции владельца. Как видно, эта модель вполне отвечает рассматриваемой задаче.

Применительно к условиям управления обеспечением подразделений НПП ресурсами НПО в качестве инфраструктурной основы интеграции элементов *информационной системы (ИС)* в составе системы управления представляет интерес архитектура «облака» с использованием «*облачного брокера*», или *брокера облачных сервисов (Cloud Services Brokerage, CSB)* - см. рис. 4.

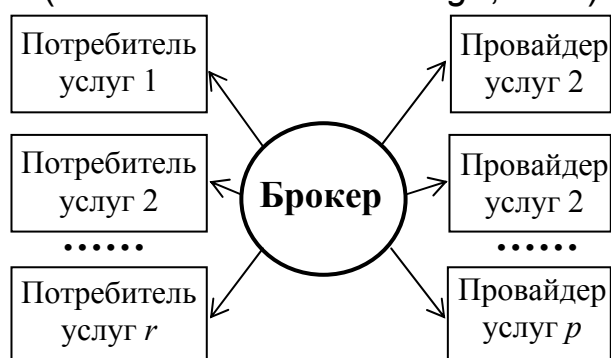


Рис. 4. Архитектура «облака» с брокером «облачных» сервисов

В этом варианте архитектуры, известному как *IaaS (Infrastructure as a service - инфраструктура как сервис, англ.)*, предполагается своего рода виртуализация любых облачных ресурсов и устранение привязки потребителя к конкретному провайдеру. Основная функция брокера – оперативное установление связей между поставщиками сервисов и потребителями. *CSB* как ядро системы создает «службу одного окна» для сервисов, предоставляемых разными провайдерами, что избавляет клиента от привязки к одному провайдеру. Обобщенная схема системы управления ресурсами НПО на основе «облачной» технологии приведена на рис. 5.

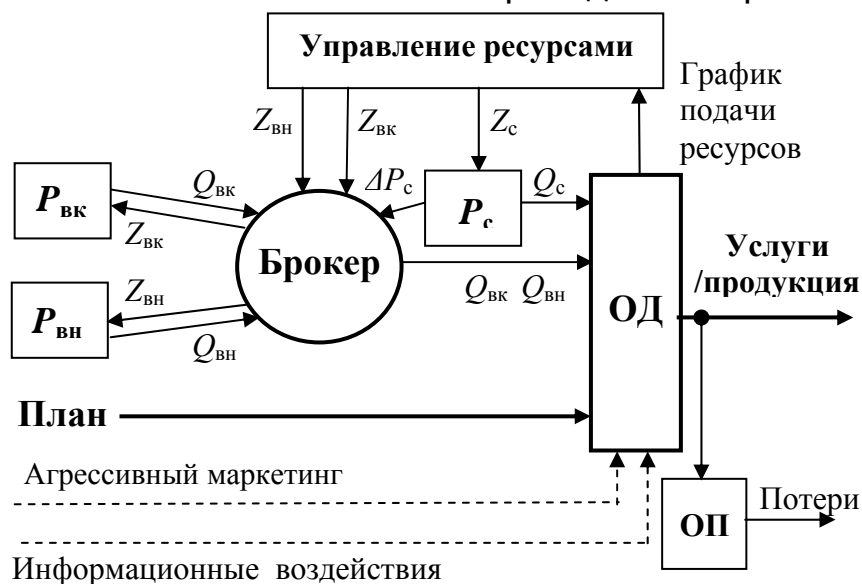


Рис. 5. Схема системы управления ресурсами с «облачным» брокером

Здесь принято, что «облачные» сервисы – это ресурсы всех НПО, их поставщики – «облачные» провайдеры, клиенты – подразделения НПП, «облачный» брокер обеспечивает посредничество между провайдерами и клиентами.

Специфика организации частного «облака» применительно к условиям управления ресурсами НПО в сети подразделений НПП состоит в следующем. Каждое подразделение в полной мере осуществляет управления ресурсами своих НПО, то есть ресурсом  $P_c$ . Заявки  $Z_{ВК}$  и  $Z_{ВН}$  на ресурсы  $P_{ВК}$  и  $P_{ВН}$  подаются всеми подразделениями брокеру в соответствии с требуемым графиком их подачи в производство; брокеру сообщаются также данные о возможных излишках/дефиците собственных ресурсов  $\Delta P_c$ . Поскольку  $P_{ВК}$  представляют собой собственные ресурсы НПО другого подразделения

НПП, брокер получает их в том объеме  $Q_{\text{BK}} = \Delta P_{\text{BK}}$ , который в данное время может быть предоставлен владельцем ресурса как излишний; объем  $Q_{\text{BK}}$  и время его подачи могут как совпадать с заявкой  $Z_{\text{BK}}$ , так и отличаться от нее. Аналогичная ситуация может иметь место и в отношении ресурсов внешних партнеров  $Q_{\text{BH}} = \Delta P_{\text{BH}}$ .

Таким образом, каждое подразделение может являться потребителем нескольких сервисов. При этом включение в состав системы управления ресурсами «облачного» брокера позволяет обеспечить для каждого подразделения постоянное и динамичное взаимодействие с несколькими поставщиками разнообразных ресурсов на самых разных условиях. В предлагаемой архитектуре, в отличие от архитектуры традиционного «облака» по рис. 4, формируется еще один, так сказать внутренний, круг провайдеров. Поскольку в условиях ЕМП подразделению сложно точно согласовать по срокам и объему использование высокотехнологичного НПО, прежде всего, из-за нерегулярного характера БП, а также из-за информационных воздействий, у подразделений время от времени возникают избыточные неиспользуемые ресурсы.

Они увеличивают ССВ и снижают эффективность. В то же время в силу недостаточных возможностей подразделений уверенная реализация избыточных ресурсов собственными силами не может быть обеспечена [3,4]. В этих условиях модель «облака» на основе «облачного брокера» может быть весьма эффективной. В самом деле, брокер – это локальная «биржа» ресурсов в составе НПП, он как бы «коллективизирует» избыток ресурсов клиентов, то есть он обеспечивает перекрестную их реализацию в составе подключенных клиентов «облака» в дополнение к регулярному использованию ресурсов, закрепленных за подразделениями. При этом возникающий по тем или иным позициям дефицит ресурсов в каких-либо подразделениях тоже может быть оперативно замещен избытком по этим позициям, возникшим в других подразделениях. Эти возможности брокера снижают эффект информационных воздействий. Таким образом, в составе «облака» НПП подразделения как остаются клиентами, так и становятся провайдерами соответствующих ресурсов, обеспечивая оперативное замещение дефицита.

Блок-схема алгоритма управления ресурсами претерпевает достаточно очевидные изменения в части операций, касающихся со-

ставляющих ресурсов  $P_{\text{вк}}$  и  $P_{\text{вн}}$ , а также избытка/дефицита ресурса собственных НПО  $\Delta P_{\text{с}}$ . Эти изменения заключаются во включении в схему операций, осуществляемых через облачного брокера.

В соответствии с этим, по аналогии с (1), целевая функция оперативного управления ресурсами в форме минимизации потерь  $\Delta P_{\text{оп}}^{\text{об}}$  может быть описана следующим выражением:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{оп}}^{\text{об}} &= \Delta P_{\text{пл}} + \Delta P_{\text{факт}} = \\ &= \Phi^{\text{об}} \left\{ \begin{array}{l} Z_{\text{с}}; Z_{\text{вк}}; Z_{\text{вн}}; Q_{\text{с}}; Q_{\text{вк}}; Q_{\text{вн}}; \Delta G_{\text{с}}; \Delta G_{\text{вк}}; \Delta G_{\text{вн}}; \\ Z_{\text{д}}; Z_{\text{и}}; R_{\text{д}}; R_{\text{и}}; C_{\text{ТСО}}; C_{\text{ТСОоб}}; K_{\text{нп}}; K_{\text{п}} \end{array} \right\} \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (23)$$

где в дополнение к ранее введенным использованы следующие обозначения:

$Z_{\text{д}}/Z_{\text{и}}$  - информация о дефиците/избытке ресурсов, представляемая брокеру подразделениями; в случае дефицита того или иного ресурса - это заявка на срочное его замещение; в случае возникшего избытка ресурса сверх страхового его объема – это заявка на реализацию избыточного объема ресурса;

$R_{\text{д}}/R_{\text{и}}$  – замещение дефицита/реализованные избыточные ресурсы; реализация осуществляется из множества излишков, заявленных одними подразделениями, в соответствии с заявками на замещение дефицита, поданными другими подразделениями;

$C_{\text{ТСОоб}}$  – ССВ, связанные с развертыванием «облака» и его использованием [3].

Как видно, в (2) по сравнению с (1) учитываются дополнительно издержки, обусловленные «облаком», что формально может снизить эффективность. Однако эффект от использования «облака» может быть получен за счет уменьшения потерь от возникающих в БП задержек, то есть за счет уменьшения составляющих  $\Delta G_{\text{с}}$ ;  $\Delta G_{\text{вк}}$ ;  $\Delta G_{\text{вн}}$ . Это может быть достигнуто за счет оперативной передачи брокеру заявок  $Z_{\text{д}}/Z_{\text{и}}$  и оперативной реализации через брокера излишков  $R_{\text{и}}$  и оперативного замещения дефицита  $R_{\text{д}}$ . При этом будет получен эффект от увеличения выпуска продукции за счет сокращения простоев, обусловленных дефицитом ресурсов. Таким образом, возможно снижение уровня потерь как по отдельным подразделениям, так и в целом по НПП.



## Заключение

В статье поставлена задача формирования системы управления обеспечением ресурсами основных бизнес-процессов в условиях научно-производственного предприятия. Выявлены основные факторы, приводящие к возникновению потерь. Предложена архитектура информационной системы, обеспечивающей поддержку управления в условиях информационных воздействий, с использованием «облачных» информационных технологий. На основе частного «облака» типа *IaaS* с «облачным брокером» предложена архитектура системы, позволяющая в единообразной форме принимать управленческие решения в различных условиях.

## Литература

1. Александров, Д. В. Методологические основы управления и информатизации бизнеса: Учеб. пособие [Текст] / Д. В. Александров, Е. В. Александрова и др.; Под ред. А. В. Кострова. - М.: Финансы и статистика, - 2012. – 376 с.
2. Бурков, В. Н. Введение в теорию управления организационными системами: Учебник [Текст] / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков; Под ред. Д. А. Новикова. - Изд. 2-е. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 264 с.
3. Костров, А. В. К задаче рационального формирования комплекса технологического оборудования [Текст] / А. В. Костров, Т. Н. Таиров // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. - 2011. - Том 17. - №2. – С. 31-35.
4. Костров, А. В. Оценка уровня развития информационного менеджмента [Текст] / А. В. Костров, О. С. Коротеева, С. Ю. Якунченкова // Прикладная информатика. - 2012. - № 3(39). – С. 46-54.
5. Мухин, К. О. Описание моделей базовых элементов объектно-ориентированной модели производственных процессов для нахождения оптимального управления [Текст] / К. О. Мухин, А. В. Костров // Научные исследования. - 2013. - Т. 14. - № 4. – С. 62-67.
6. Мухин, К. О. Метод применения объектно-ориентированных имитационных моделей для управления сложными производственными процессами [Текст] / К. О. Мухин, А. В. Костров // Нелинейный мир. - 2013. - Т. 11. - № 5. – С. 332-337.

AKOSTROV@RAMBLER.RU;

OLJAN@INBOX.RU