

УДК 65.014; 658.012.32

**Е. И. ШОСТАК****ФОРМИРОВАНИЕ КОМАНД ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОЕКТОВ НА ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ**

Описан подход к формированию команд исполнителей высокотехнологичных проектов, направленный на снижение в процессе реализации будущего проекта неопределенности, связанной с установлением соответствия между задачами проекта, имеющими инновационный характер, и уровнем компетентности потенциальных исполнителей. Ключевыми этапами подхода являются: формирование базы претендентов на участие в проекте; оценивание компетентности претендентов; формирование альтернативных вариантов состава команды проекта; анализ альтернатив с помощью сценарных методов коллективного экспертного оценивания; выбор рационального варианта команды исполнителей проекта. Приведена методика расчета эффективности применения подхода в процессе разработки высокотехнологичных проектов.

**Ключевые слова:** высокотехнологичный проект, инновационное предприятие, команда исполнителей проекта, экспертное оценивание сценариев.

**Введение.** Современный этап научно-технического прогресса характеризуется увеличением доли в общей массе разрабатываемых и реализуемых проектов таких, которые принято называть высокотехнологичными – то есть связанными с созданием наукоемких продуктов и услуг [1]. При этом ведущими направлениями в «высоких технологиях» являются нано-, био-, информационные и когнитивные технологии, а также те, которые сформировались в результате конвергенции указанных направлений [2]. Высокотехнологичные проекты выполняются, как правило, на инновационных предприятиях. Предприятие принято считать инновационным, если не менее 70 % его продукции или услуг (в денежном выражении) являются инновационными [3]. В этих условиях весьма актуальной стала задача формирования, с одной стороны, такой команды исполнителей высокотехнологичных проектов (ВТП), уровень компетентности которых даст возможность обеспечить эффективное выполнение ВТП, а с другой – рациональное распределение человеческих ресурсов с целью эффективной реализации портфеля проектов в рамках инновационного предприятия или организации.

Специфика ВТП [1] обуславливает необходимость использования при отборе претендентов на включение в команду проекта ряда специальных методов, базирующихся на принципах компетентностного подхода (competence-based approach). В последние годы за рубежом и в Украине появилось значительное количество публикаций, посвященных проблеме повышения эффективности процессов, обеспечивающих формирование команд исполнителей ВТП на основе компетентностного подхода [4–6]. В этих публикациях рассматриваются, главным образом, вопросы формирования ключевых компетенций сотрудников, а также возможности обеспечения кадрового резерва на высокотехнологических предприятиях. Наряду с этим, до настоящего времени не проведено

исследований в направлении повышения эффективности процессов обеспечения необходимого и достаточного уровня компетентности исполнителей ВТП. Решение данной проблемы невозможно без объективного учета различных точек зрения специалистов-экспертов, знания и опыт которых возникли в результате многолетней практической работы по организации и выполнению ВТП на инновационных предприятиях (ИП). Указанное обстоятельство определяет необходимость дополнения существующей методики формирования команд исполнителей ВТП особыми этапами, на которых будет производиться сбор экспертной информации, её анализ и обработка с целью повышения объективности принимаемых решений по отбору претендентов на включение в команду ВТП, и непосредственно формирование команды исполнителей. Экспертное оценивание в данном случае сопряжено с многокритериальностью, а также многоальтернативностью, необходимостью учета несопадающих, а иногда и противоречивых экспертных суждений, что является прямым следствием наличия так называемых НЕ-факторов (неопределенность, неполнота, неточность, нечёткость) [7]. Снижение влияния НЕ-факторов на объективность экспертного оценивания возможно путём применения при ранжировании и кластеризации экспертных оценок специальных теорий, а именно нечёткой логики [8], теории свидетельств Демпстера – Шейфера [9], теории правдоподобных и парадоксальных рассуждений Дезера – Смарандаке [10], а также теории грубых множеств [11].

Цель статьи состоит в изложении подхода к формированию команды ВТП на инновационных предприятиях с применением технологий коллективного экспертного оценивания сценариев.

**Общая характеристика проблемы.** На содержательном уровне задача формирования команды исполнителей ВТП на ИП сводится к определению ком

пактного множества альтернативных вариантов состава команд, участники которых обоснованно выбраны по критериям: компетентности; коммуникабельности; результативности; креативности и другим. При этом должны быть учтены ограничения на загруженность каждого участника при выполнении портфеля проектов на временном периоде, соответствующем портфелю стратегий ИП.

Формальная постановка изложенной выше задачи предполагает описание следующих исходных данных [12]: портфеля проектов ИП  $P_T$ , для временного интервала  $T = [t_3, t_k]$ , представляющего собой множество линейно упорядоченных отношением " $\leq$ " интервалов времени  $\tau$ ,  $T = \{\tau\}, \leq \tau \in [t_3, t_k]$ , причём начальный момент  $t_3$  соответствует моменту запуска самого раннего из незавершенных к настоящему времени проектов, а  $T_k$  – конечной дате, до которой определен портфель стратегий ИП

$$P_T = \{g(\tau_i)\}, \tau_i = [t_i^{(1)}, t_i^{(2)}], i \in \Omega_i, \quad (1)$$

где  $g(\tau_i)$  –  $i$ -я программа в портфеле проектов  $P_T$ ,  $t_i^{(1)}$  и  $t_i^{(2)}$  соответственно моменты начала и завершения  $i$ -ой программы,  $\Omega_i$  – множество номеров интервалов времени  $\tau_i$ ; в соответствии с требованиями РМІ [13], портфель проектов  $P_T$  включает, в качестве объектов меньшего масштаба, проекты  $P$  и задачи  $z$ , при этом выполняются следующие условия

$$\forall g(\tau_i) | (g(\tau_i) \in P^T) \exists \{p^{(i)}(\tau_j)\}, i \in \Omega_i, j \in \Omega_j, \quad (2)$$

$$\forall p^{(i)}(\tau_j) | (p^{(i)}(\tau_j) \in g(\tau_i)) \exists \{z^{(j)}(\tau_k)\}, i \in \Omega_i, j \in \Omega_j, k \in \Omega_k, \quad (3)$$

где  $p^{(i)}(\tau_j)$  – проекты, входящие в состав  $i$ -ой программы,  $z^{(j)}(\tau_k)$  – задачи в составе  $j$ -го проекта,  $\Omega_k$  – множество номеров интервалов времени реализации задач, составляющих  $k$ -ый проект.

Будем относить к исполнителям ВТП лишь работников, составляющих производственный персонал ИП и обозначим его как множество  $M^{(П)}$ . В этом случае  $M^{(П)}$  будет содержаться в  $M^{(К)}$ ,  $M^{(П)} \subset M^{(К)}$ , где  $M^{(К)}$  – кадровый состав ИП, причём  $M^{(К)} \supset M^{(А)} \cup M^{(П)} \cup M^{(В)}$ ,  $(M^{(А)} \cap M^{(П)} \cap M^{(В)}) = \emptyset$ . Здесь  $M^{(А)}$  – административно-управляющий персонал ИП, а  $M^{(В)}$  – вспомогательный персонал ИП.

Используя введенные обозначения, задача формирования команды исполнителей ВТП может быть представлена в форме кортежа

$$S = \langle G_{p^{(i)}}^f, \Delta, \rho, \chi \rangle, \quad (4)$$

где  $G_{p^{(i)}}^f$  – множество допустимых альтернативных вариантов состава команд исполнителей проекта  $p^{(i)}$ ,  $f = \overline{1, N}$  – количество вариантов,  $\Delta$  – множество неопределенностей (возмущений),

$\rho, \rho : G_{p^{(i)}}^f \times \Delta \rightarrow E$ , ( $E$  – множество оценок) – функция затрат на формирование команды проекта,  $\chi$  – функция допустимости существования команды проекта,  $\chi : \Delta \rightarrow E$ .

Проблема принятия решения в данном случае сводится к выбору допустимого варианта команды проекта  $\tilde{g} \in G_{p^{(i)}}^f$  такого, что

$$(\forall \omega_l | \omega_l \in \Delta, l \in \Omega_l) \exists (\rho(\tilde{g}, \omega_l) \leq \chi(\omega_l)), \quad (5)$$

где  $\Omega_l$  – множество коэффициентов неопределенностей, представленных в  $\Delta$ .

Для представления процесса формирования вариантов команд исполнителей ВТП в динамике, необходимо рассматривать проекцию множества  $G_{p^{(i)}}^f$ ,  $G_{p^{(i)}}^f \subseteq M^{(П)}$  на множество  $T = [t_3, t_k]$ :

$$(G_{p^{(i)}}^f \subseteq M^{(П)}) \times T : \{G_{p^{(i)}}^f\} \wedge (P_T(G_{p^{(i)}}^f) = \{\tau\} \subseteq T). \quad (6)$$

Под проекцией  $P_T(G_{p^{(i)}}^f)$  здесь понимается множество тех элементов из  $T = [t_3, t_k]$ , которые могут быть сюръективно отображены из  $M^{(П)}$  в  $T = [t_3, t_k]$  [14].

В практике формирования команд исполнителей ВТП наиболее проблематичным является снижение уровня неопределенности  $\Delta$  при оценивании (то есть получении конкретных значений  $E$ ) для каждого претендента  $m_S \in M^{(П)}$ ,  $S = \overline{1, N}$  на включение в команду проекта  $G_{p^{(i)}}^f$ . При этом  $E$  должно включать в себя совокупность показателей  $E \supset E^{(ЛЧ)} \cup E^{(КМ)} \cup E^{(КП)}$ , характеризующих личностные качества  $E^{(ЛЧ)}$  (в первую очередь, компетентность) претендента на включение в формируемую команду проекта  $\tilde{g} \in G_{p^{(i)}}^f$ , его способность к работе в команде (коммуникабельность, предыдущий опыт такой работы)  $E^{(КМ)}$ , а также целесообразность такого включения (непосредственно зависит от стратегии организации и ряда факторов внешнего характера)  $E^{(КП)}$ . Суть проблемы состоит в невозможности аналитического представления функций  $\rho$  и  $\chi$ , а значит и в невозможности применения в данном случае численных методов.

Выходом из описанной ситуации является разработка специального подхода, в основу которого будут положены эмпирические и эвристические методы обработки информации, собранной от коллектива экспертов. При этом для оценивания  $E^{(ЛЧ)}$  целесообразно использовать инструментарий, существующий в рамках компетентностного подхода [4–6]; оценка  $E^{(КМ)}$  может быть получена путём анализа набора альтернативных вариантов команд ВТП  $G_{p^{(i)}}^f$  средствами нечёткой логики [15]; для оценивания же  $P_T(G_{p^{(i)}}^f)$ , то есть целесообразности того или иного варианта команды с учетом портфеля проектов  $P_T$  организации, эффективным представляется использова-

ние обоймы методов агрегирования оценок отдельных представителей экспертной группы [9–11]. На рис. 1 в нотации IDEF3 [16] представлена процессная декомпозиция процедуры формирования команды проекта на основе технологий коллективного экспертного оценивания.

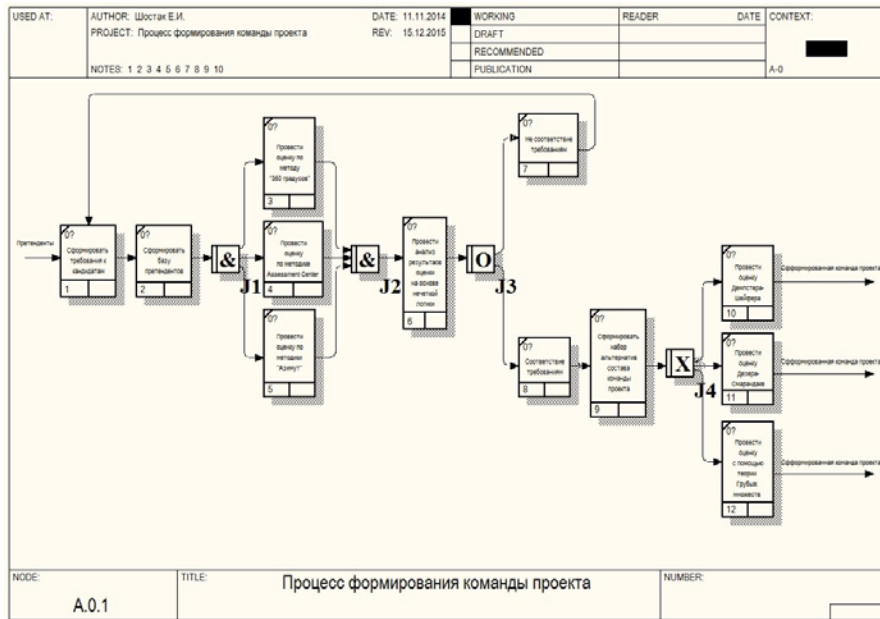


Рис. 1 – Процесс формирования команды ВТП

**Оценивание претендентов на включение в команду ВТП на основе компетентностного подхода.** Анализ современных исследований в области компетентностного подхода показал, что наиболее перспективными методами оценки компетенций в современных системах является метод «360 градусов», метод Assessment Center и методика «Азимут».

Метод «360 градусов» [17] дает возможность оценить сотрудника компании на основе его поведения в реальных рабочих ситуациях и проявленных им деловых качеств. Данные для оценки получают путем опроса самого сотрудника, его непосредственного руководителя, коллег, подчинённых, а в отдельных случаях и клиентов оцениваемого.

Основная цель обратной связи данного метода – предоставить сотруднику систематизированную информацию об оценке уровня развития компетенций. Преимущества использования этой системы состоят в том, что сотрудник может сравнить свою самооценку компетенций с тем, как другие люди, работающие с ним, оценивают его компетенции и его поведение.

Наиболее эффективно использовать метод «360 градусов» для выявления потребностей в обучении и создания индивидуальных планов развития. Диаграмма в индивидуальном отчете наглядно представляет результаты оценки сотрудника по компетенциям, и позволяет сравнить мнение окружаю-

щих с его самооценкой, что представлено на рис. 2.

В отличие от метода «360 градусов» Assessment Center предполагает комплексную оценку сотрудника по компетенциям. Данная процедура чаще всего включает: интервью с экспертом, в ходе которого собираются данные о знаниях и опыте сотрудника; психологические,

профессиональные тесты; краткую презентацию участника перед экспертами и другими участниками; деловую игру; биографическое анкетирование; описание профессиональных достижений; индивидуальный анализ конкретных ситуаций (бизнес-кейсов); экспертное наблюдение, по результатам которого составляются рекомендации для каждого сотрудника.

Метод Assessment Center не является самодостаточным, так как не предусматривает построение модели компетенций специалистов. Данный метод можно использовать только с точки зрения применения различного

вида психофизиологических, либо профессиональных опросников. Личностные опросники считаются одним из наиболее эффективных методов исследования личности, в связи с чем достаточно широко используются в процедурах оценки персонала во всём мире. В то же время именно в этой области практической психологии в связи с личностными опросниками особенно остро встаёт вопрос их валидности. Как правило, на практике современных компаний, HR-менеджеры используют либо опросники, не ориентированные непосредственно на бизнес-среду, либо переводные методики, не адаптированные к применению на внутреннем рынке.

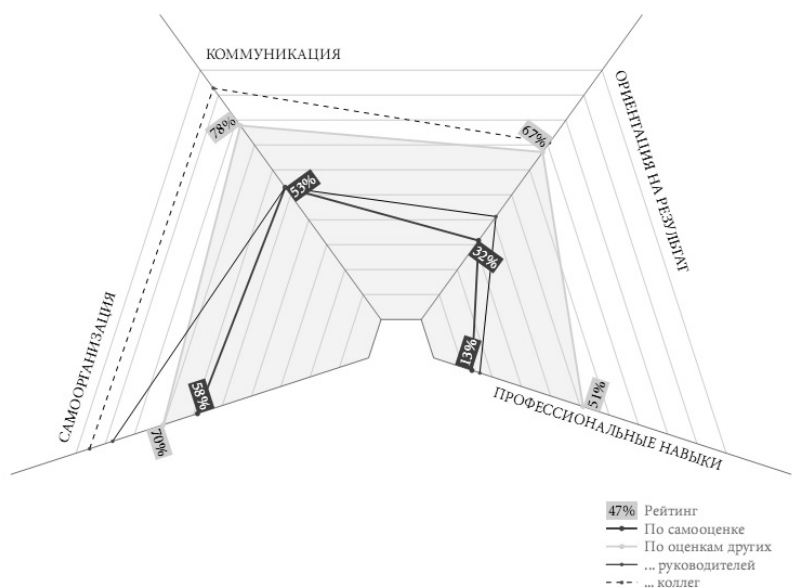


Рис. 2 – Диаграмма оценки сотрудника по компетенциям

Что касается методики «Азимут», то она основана на построении социальной сети компании и позволяет выявить формальные и неформальные связи между сотрудниками, установить проблемы в обмене информацией и в рабочем процессе, увидеть «карту рабочих взаимодействий», установить неформальных лидеров в коллективе, померить степень доверия сотрудников друг к другу, а также получить рекомендации по оптимизации рабочего взаимодействия. Это «быстрая методика». Небольшое количество вопросов позволяет сотрудникам пройти ее очень быстро, затратив минимум рабочего времени. За основу взяты технологии адаптивного тестирования, когда постановка следующего вопроса для участника оценки зависит от его ответов на предыдущие вопросы. Надежность данной методики определяется симметрией в вопросах. Если кто-то из сотрудников пропустил работу с методикой, «Азимут» все равно может сделать выводы о нем на основе ответов его коллег. В действительности приемлемой надежности результатов можно достичь, если «Азимут» пройдут хотя бы две трети сотрудников компании. Информация для оценки собирается на основе ответов сотрудников о рабочем взаимодействии друг с другом его интенсивности, эффективности, доступности коллег и их взаимной востребованности.

Эгоцентрическая схема строится для каждого сотрудника, проанализировав которую, можно построить рейтинги по компетенциям, кадровый резерв, совместимость, ключевые узлы соцсети, проблемы взаимодействий, поиск лидеров, дистанционную оценку.

Современные средства оценки компетенций специалистов стараются интегрировать и сочетать инновационные методики компетентностного подхода, для достижения максимальной полноты и объективности оценки.

#### Анализ базы претендентов на включение в команду ВТП средствами нечеткой логики

В результате применения методов оценивания компетентности претендентов на включение в команду ВТП, были получены профили компетентности каждого претендента в виде функции [18]:

$$f(\bar{b}) = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot b_i, \quad (7)$$

где  $n$  – количество компетенций, необходимых при реализации рассматриваемого ВТП;  $b_i$  – уровень  $i$ -той компетенции (степень владения  $i$ -той компетенцией);  $\omega_i$  – вес  $i$ -той компетенции;  $t \in [1, T]$  – момент оценивания претендента на временном интервале, соответствующему портфелю проектов ИП.

При этом вес  $i$ -той компетенции выражает её относительную значимость, и задаётся в диапазоне от 0 до 1:

$$0 \leq \sum_{i=1}^n \omega_i \leq 1, i = \overline{1, N}. \quad (8)$$

Понятие компетенции и её вес, вследствие субъективности, присущей компетентностному подходу, которая проявляется в приблизительном характере умозаключений экспертов и лингвистической природе даваемых ими оценок, является нечётким. Указанное

обстоятельство обуславливает целесообразность применения для анализа результатов, полученных путём использования компетентностного подхода к оцениванию претендентов на включение в состав команды ВТП, теории нечётких множеств [19].

Рассмотрим вариант реализации данного этапа формирования команды ВТП в форме процесса, исходными данными для которого служат функции компетентности каждого претендента  $f(\bar{b})$ , полученные в ходе последовательного применения базовых методов, применяемых в компетентностном подходе: «360 градусов» ( $b_1$ ); «Assesment Center» ( $b_2$ ); «Азимут» ( $b_3$ ). При этом имеет место  $\bar{b} = b_1 \wedge b_2 \wedge b_3$ .

В качестве основных параметров, в ходе анализа выступают значения уровней компетенции  $b_i^{(H)}$  и  $b_i^{(B)}$ . На выходе процесса для каждого претендента на включение в команду ВТП формируется значение  $C$  (соответствие требованиям), либо  $\bar{C}$  (не соответствие требованиям).

Параметры процесса  $\bar{b}$ ,  $b_i^{(H)}$  и  $b_i^{(B)}$  будем рассматривать как лингвистические переменные. Как известно [19], лингвистическая переменная описывается набором  $(X, T, U, G, M)$ , где  $X$  – название переменной,  $T$  – множество лингвистических значений  $X$  (терм-множество переменной  $X$ ), причём каждое из таких значений является, в свою очередь, нечёткой переменной  $X$  со значениями из универсума  $U$ , содержащего базовую переменную  $u$ ;  $G$  – синтаксическое правило, порождающее названия каждого значения переменной  $X$ ;  $M$  – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждому значению нечёткой переменной  $X$  его смысл  $M(X)$ . При этом конкретное название  $X$ , порождённое синтаксическим правилом  $G$ , называется термом.

Набор семантических правил  $M$  определяется как некоторое отображение множества  $X$ , порождаемое функцией принадлежности  $\mu_M(X)$ , принимающей значения из интервала  $[0, 1]$ :

$$M = \int_{x \in X} \mu_M(X) / X, \quad (9)$$

где  $\mu_M : X \rightarrow [0, 1]$  – функция принадлежности.

Изложенные выше теоретические положения дают возможность построения специального метода нечёткого анализа результатов применения компетентностного подхода к оцениванию уровня компетентности претендентов на включение в команду ВТП. В обобщённом виде метод включает следующие шаги:

1. Формирование терм-множеств для входных параметров  $\bar{b}$ ,  $b_i^{(H)}$  и  $b_i^{(B)}$ , а также выходных параметров  $C$  и  $\bar{C}$ .

2. Построение для каждого термина, из сформированных на предыдущем шаге терм-множеств, нечёткого множества  $M$  со своим носителем. При этом под носителем нечёткого множества [19] принято понимать множество  $X'$ , такое, что

$$X' = \{x \mid \mu_M(x) > 0, x \in X'\}. \quad (10)$$

3. Определение набора правил нечёткого анализа. Правила имеют вид высказываний «ЕСЛИ  $P = Q$ , ТО  $R = Z$ », где  $P, R$  – лингвистические переменные;  $Q, Z$  – термы соответствующих лингвистических переменных.

4. Построение, с использованием правил, определённых на шаге 3, матриц нечётких отношений вида

$$\begin{aligned} R^{(1)} &= \int_{(x,y) \in X \times Y} \mu_{R^{(1)}}(x,y) / (x,y), \\ R^{(2)} &= \int_{(x,z) \in X \times Z} \mu_{R^{(2)}}(x,z) / (x,z), \\ R^{(3)} &= \int_{(y,z) \in Y \times Z} \mu_{R^{(3)}}(y,z) / (y,z), \end{aligned} \quad (11)$$

при этом  $X, Y$  и  $Z$  – лингвистические переменные оценок уровня компетентности претендента на включение в команду ВТП, полученные методами «360 градусов»; «Assesment Center» и «Азимут» соответственно.

5. Объединение матриц нечётких отношений на основе правила

$$\mu_R = \max(\mu_{R^{(1)}}, \dots, \mu_{R^{(3)}}). \quad (12)$$

6. Получение итогового заключения о соответствии ( $C$ ), либо не соответствии ( $\bar{C}$ ) уровня компетентности данного претендента требованиям ВТП. Здесь уместно использование одного из известных в нечёткой математике композиционных правил логического вывода, например, правил Заде, Мамдани или Мидзумото [15].

В частности, правило Заде является на сегодняшний момент самым популярным, его вид:

$$R(u) = A, R(u,v) = F, \quad (13)$$

причем  $R(v) = A \circ F$ ,

где  $\circ$  – знак композиции. При этом функция принадлежности определяется как

$$\mu_R(v) = \max[\min(\mu_R(u), \mu_R(u,v))]. \quad (14)$$

### Экспертный анализ альтернативных вариантов команды ВТП с учетом портфеля проектов ИП

Эффективность процесса коллективного экспертного оценивания альтернатив команды ВТП, сформированных на предыдущем этапе, напрямую зависит от компактности представления результата для утверждения лицом, принимающим решения (ЛПР) окончательного состава исполнителей ВТП. На практике это означает, что наилучшим вариантом является получение единственного, наилучшего состава команды. Такой случай теоретически возможен, однако зачастую приходится иметь дело с несколькими вариантами, в процессе анализа которых принято тем или иным способом усреднять оценки отдельных экспертов [20].

Получение усредненной оценки уместно лишь в условиях достаточно высокой согласованности (близости) оценок коллектива экспертов. Анализ публикаций [21–24] показал, что реализация коллективного

экспертного оценивания порождает один из трёх исходов:

1) близость оценок отдельных экспертов даёт возможность рассматривать коллектив экспертов (экспертную комиссию) как единую группу;

2) экспертная комиссия распадается на относительно небольшое количество кластеров, внутри которых оценки близки;

3) состав экспертной комиссии в результате опроса декомпозирован на большое число подгрупп с относительно немногочисленным составом каждой.

В первом из перечисленных выше случаев допустимо усреднение в той или иной форме оценок отдельных экспертов.

Второй и третий случаи предполагают выделение в составе комиссии «типов» экспертов, кардинально различных по своим оценкам. В этих случаях необходимо осуществить разбиение состава экспертной комиссии на подгруппы в соответствии с «типом» входящих в них экспертов и дать характеристику каждой подгруппы. Следующим этапом является усреднение экспертных оценок внутри каждой подгруппы. В результате для принятия окончательного решения о наилучшем варианте состава ВТП лицу, принимающему решения (ЛПР) будет в компактной и наглядной форме представлена информация о средних оценках в каждой подгруппе экспертов, вместе с содержательной характеристикой каждой из подгрупп. Такой подход даёт возможность учёта в принятом решении предпочтений ЛПР (топ менеджера или HR-менеджера) относительно той или иной подгруппы.

Задача кластеризации экспертной комиссии на формальном уровне может быть представлена следующим образом:

$$\begin{aligned} E &= \{e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_n\} \Rightarrow \{E_1\}, \{E_2\}, \dots, \{E_j\}, \dots, \{E_m\}, \\ E &\supset E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_j \cup \dots \cup E_m, \\ E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_j \cap \dots \cap E_m &= \emptyset, \end{aligned} \quad (15)$$

где:  $e_i, i = \overline{1, n}$  – значения экспертных оценок альтернативных вариантов состава команд ВТП,  $n$  – общее число оценок;  $\{E_j\} = \{e_1, \dots, e_k\}$  –  $j$ -й кластер, содержащий элементы  $\{e_1, \dots, e_k\}$ ;  $n \geq k \geq 2$  – количество элементов в  $j$ -том кластере;  $j = \overline{1, m}$  – число кластеров.

Традиционным методом решения описанной задачи является оценка медианы [24]. При этом исходная совокупность экспертных оценок  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_n\}$  представляется в одной из двух форм вариационного ряда:  $e_{(1)} \geq e_{(2)} \geq \dots \geq e_{(i)} \geq \dots \geq e_{(n)}$  или  $e_{(1)} \leq e_{(2)} \leq \dots \leq e_{(i)} \leq \dots \leq e_{(n)}$ .

Оценка медианы производится по правилу:

$$e_{med}(n) = \begin{cases} e_{(n+1/2)}, & \text{если } n \text{ нечетно} \\ (e_{(n/2)} + e_{(n+1/2)})/2, & \text{если } n \text{ четно} \end{cases} \quad (16)$$

Проблема состоит в том, что оценка медианы «отсекает» выделяющиеся из общего ряда оценки, однако эта же особенность обеспечивает и робастность оценивания, определяя её устойчивость по отношению к оценкам, данным экспертами – «диссидентами».

Исходя из указанного выше обстоятельства, на практике более эффективным оказывается ранжирование экспертных оценок.

Формально, задача ранжирования экспертных оценок может быть представлена в следующем виде.

Пусть имеется  $n$  альтернатив  $S_i, i = \overline{1, n}$ . Тогда может быть сформирована последовательность:

$$\{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n\} \Rightarrow \{S_1 \succ S_2 \succ \dots \succ S_i \succ \dots \succ S_n\} \vee \{S_1 \succ S_2 \sim S_3 \succ \dots \succ S_i \sim S_{i+1} \succ \dots \succ S_n\}. \quad (17)$$

В приведенной записи знаки « $\succ$ » и « $\sim$ », а также « $\sim$ » означают предпочтение и эквивалентность соответственно;  $\{S_1 \succ S_2 \succ \dots \succ S_i \succ \dots \succ S_n\}$  представляет собой строгую, а

$\{S_1 \succ S_2 \sim S_3 \succ \dots \succ S_i \sim S_{i+1} \succ \dots \succ S_n\}$  – нестрогую ранжировку.

При этом наличие в последовательности знака « $\sim$ » свидетельствует о существовании кластеров.

К настоящему времени разработано и используется на практике большое количество методов ранжирования и выбора наилучших альтернатив [20, 24, 25]. Наиболее популярным, в условиях многокритериальности, является метод анализа иерархий [26], однако лежащая в его основе процедура попарного сравнения альтернатив порождает ряд органических недостатков, которые непосредственным образом влияют на эффективность метода экспертного оценивания [24].

Повышение эффективности процесса оценивания альтернатив, в частности, в задаче рационального выбора команды исполнителей ВТП, следует ожидать от использования таких методов снижения уровня неопределенности в процессе формирования решений для ЛПР, как теория свидетельств Демпстера–Шейфера [9], теория правдоподобных и парадоксальных рассуждений Дезера–Смарандаке [10], а также теория грубых множеств [11].

### Особенности расчета эффективности от внедрения подхода к формированию ВТП на основе коллективного экспертного оценивания

Для определения точности (эффективности) итоговой оценки вариантов состава ВТП может быть применен подход, в основе которого лежит расчет так называемого «усеченного среднего», то есть показателя, характеризующего качество структурирования и последующей агрегации оценок, данных членами экспертной комиссии. В работе [24] предложена оценка, которая названа авторами стандартной ошибкой усеченного среднего

$$e_{T(\alpha)} = \sqrt{\frac{SS(\alpha)}{(n-2g)(n-2g-1)}} \quad (18)$$

где  $n$  – объем оцениваемой выборки данных; значение  $g$  определяется из соотношения  $g=[an]$ ;  $[an]$  – наибольшее целое среди значений выборки;  $SS(\alpha)$  – сумма квадратов отклонений [27]:

$$SS(\alpha) = (g+1)(x_{(g+1)} - T(\alpha))^2 + \sum_{i=g+2}^{n-g-1} (x_{(i)} - T(\alpha))^2 + (g+1)(x_{(n-g)} - T(\alpha))^2. \quad (19)$$

Стандартная ошибка усеченного среднего в случае  $T(\alpha = 0.5) = med$ , когда в качестве стабильного аналога выборочной средней принята выборочная медиана [27] имеет вид:

$$e_{med} = 1,25 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (20)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, которое рассчитывается по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - T(0))^2}. \quad (21)$$

Стандартная ошибка усеченного среднего в случае несимметричного усечения оценивается величиной

$$e_{T(\alpha_L, \alpha_U)} = \sqrt{\frac{SS(\alpha_L, \alpha_U)}{(n-g_1-g_2)(n-g_1-g_2-1)}}. \quad (22)$$

Соответственно сумма квадратов отклонений имеет вид [26]:

$$SS(\alpha_L, \alpha_U) = (g_1+1)(x_{(g_1+1)} - T(\alpha))^2 + \sum_{i=g_1+2}^{n-g_2-1} (x_{(i)} - T(\alpha))^2 + (g_2+1)(x_{(n-g_2)} - T(\alpha))^2 - \frac{\{(g_1)(x_{(g_1+1)} - T(\alpha)) + (g_2)(x_{(n-g_2)} - T(\alpha))\}^2}{n}, \quad (23)$$

где  $g_1 = [\alpha_L n]$ ,  $g_2 = [\alpha_U n]$ .

Особенность рассматриваемого подхода к расчету эффективности работы экспертной комиссии по формированию состава команды ВТП состоит в том, что стандартная ошибка усеченного среднего, измеряемая в тех же единицах, что и среднеквадратическое отклонение, зависит от объема оцениваемой выборки данных (чем больше объем выборки, тем меньше стандартная ошибка). Таким образом, чем меньше значение имеет стандартная ошибка, тем более эффективной и точной считается полученная оценка усеченной выборочной средней, а значит и качество коллективного экспертного оценивания.

Дальнейшие исследования процессов планирования и реализации высокотехнологичных проектов на инновационных предприятиях предполагается проводить в направлении разработки аналитических моделей поддержки жизненного цикла ВТП [28], а так же применения средств искусственного интеллекта для создания информационной среды реализации высокотехнологичных проектов на инновационных предприятиях [29].

### Выводы.

1. Описан подход к формированию команд исполнителей высокотехнологичных проектов, направленный на снижение в процессе реализации будущего проекта неопределенности, связанной с установлением соответствия между задачами проекта, имеющими инновационный характер, и уровнем компетентности потенциальных исполнителей.

2. Изложены содержательная и формальная постановки задачи нечёткого анализа базы претендентов на включение в команду ВТП, что даёт возможность гармо-

низировать для каждого претендента оценки, полученные различными методами оценивания компетентности.

3. Показана возможность применения сценарных методов коллективного экспертного оценивания при анализе альтернативных вариантов состава исполнителей ВТП с целью рационального выбора команды проекта.

4. Рассмотрены особенности расчета эффективности работы экспертной комиссии по формированию команды исполнителей ВТП. Предложено в качестве показателя качества процесса коллективного экспертного оценивания использовать значение усеченной выборочной средней, поскольку эта величина достаточно полно характеризует уровень структуризации и последующего агрегирования оценок отдельных экспертов.

**Список литературы:** 1. Баранов, М. Н. Развитие и государственная поддержка малого инновационного предпринимательства в научно-технической сфере: монография [Текст] / М. Н. Баранов, Л. В. Саакова, А. Д. Шматко. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011. – 131 с. 2. Кизим, М. О. Перспективы розвитку інформаційно-комунікаційних технологій і штучного інтелекту в економіках країн світу та України: монографія [Текст] / М. О. Кизим, І. Ю. Матюшенко, І. В. Шостак. – Х.: ВД «ІН-ЖЕК», 2012. – 492 с. 3. Гавва, В. Н. Оценка потенциала предприятия и отрасли: монография [Текст] / В. Н. Гавва. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 287 с. 4. Жилина, А. И. Эталонная модель профессиональной компетентности менеджера (руководителя) [Текст] / А. И. Жилина. – СПб.: ИОВ РАО, 2002. – 228 с. 5. Загородняя, А. Управление знаниями в организации [Текст] / А. Загородняя // Новые знания. – 2001. – №1. – С. 28–30. 6. Зимняя, И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования [Текст] / И. А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – №5. С. 34–42. 7. Асаи, К. Прикладные нечеткие системы: монография [Текст] / К. Асаи, Д. Вабата, С. Иваи и др.; пер. с япон. – М.: Мир, 1993. – 392 с. 8. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] / А. Пегат; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с. 9. Shafer, G. A mathematical theory of evidence [Text] / G. Shafer. – Princeton University Press, Princeton, 1976. – 297 p. 10. Smarandache, F. (Editors), Applications and Advances of DSmT for Information Fusion [Text] / F. Smarandache, J. Dezert // Collected Works, American Research Press, Rehoboth, 2004. – 473 p. 11. Коваленко, И. И. Некоторые прикладные задачи теории грубых множеств [Текст] / И. И. Коваленко, А. В. Швед // Вестник ХНТУ. – 2012. – №1(44). – С. 7–14. 12. Куратовский, К. Теория множеств [Текст] / К. Куратовский, А. Мостовский. – М., «Мир», 1970, 416 с. 13. Режим доступа: [www.pmi.org.ua](http://www.pmi.org.ua). 14. Шварц, Л. Анализ [Текст] / Л. Шварц; пер. франц., Том.1. – М., «Мир», 1972. – 824 с. 15. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] / А. Пегат; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 798 с. 16. Маклаков, С. В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем [Текст] / С. В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 1999. – 256 с. 17. Сластенин, В. А. Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений [Текст] / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов. – М.: Изд. центр «Академия», 2002. – 576 с. 18. Стрельчук, Е. А. Сравнительный анализ методов определения уровней компетенций ИТ специалистов в системах оценки персонала [Текст] / Е. А. Стрельчук // Системы управления, навигации та зв'язку: Збірник наукових праць Центр науково-дослідного інституту навігації і управління. – 2010. – Вип. 1 (13). – С. 171–175. 19. Заде, Л. Нечеткая логика: понятие лингвистической переменной и его приложение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с. 20. Ларичев, О. И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений [Текст] / О. И. Ларичев, Е. М. Мошковиц. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 208 с. 21. Кутаев, Н. Н. Групповые экспертные оценки [Текст] / Н. Н. Кутаев. – М.: Знание, 1975. – 64 с. 22. Киселева, Н. Е. Структурный подход к анализу и обработке данных экспертного опроса [Текст] / Н. Е. Киселева, Л. А. Панкова, М. В. Шнейдерман // Автоматика и телемеханика. – 1975. – №4. – С. 64–70. 23. Ильина, Е. П. Оценка и использование показателей качества экспертного решения проблемы [Текст] / Е. П. Ильина // Проблемы программирова-

ния. – 2007. – №1. – С. 38–49. 24. Коваленко, И. И. Экспертные технологии поддержки принятия решений: монография [Текст] / И. И. Коваленко, А. В. Швед. – Николаев: Илюн, 2013. – 216 с. 25. Орлов, А. И. Экспертные оценки [Текст] / А. И. Орлов. – М.: Экзамен, 2002. – 31 с. 26. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с. 27. Dubois, D. A Set-Theoretic View of Belief Functions [Text] / D. Dubois, H. Prade // International Journal of General Systems. – 1986. – Vol. 12. – P. 193–226. 28. Становський, О. Л. Аналіз динамічних моделей процесу управління проектами [Текст] / О. Л. Становський, К. В. Колеснікова, О. Ю. Лебедева, І. Хелбов // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2015. – №6/3 (78). – С. 46–52. doi: 29. Кучеренко, Е. И. Расширение методов интеллектуального управления сложными объектами [Текст] / Е. И. Кучеренко, А. Д. Друк // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2014. – № 4/3 (70). – С. 13–18.

**Bibliography (transliterated):** 1. Baranov, M. N., Baranov, Saakova, L. V., Shmatko, A. D. (2011). Razvitie i gosudarstvennaya podderzhka malogo innovatsionnogo predprinimatelstva v nauchno-technicheskoy sfere: monografiya. SPb.: Izd-vo SZTU, 131. 2. Kizim, M. O., Matyushenko, I. Yu., Shostak, I. V. (2012). Perspektivi rozvitku informacijno-komunikacijnih tehnologij i shtuchnogo intelektu v ekonomikah krajin svitu ta Ukraini: monografiya. Kharkov: VD «INZhEK», 492. 3. Gavva, V. N. (2004). Ocenka potenciala predpriyatiya i otrasli: monografiya. Kharkov: Nac. aerokosm. un-t «Xark. aviac. in-t», 287. 4. Zhilina, A. I. (2002). Etalonnyaya model professionalnoj kompetentnosti menedzhera (rukovoditelya). SPb.: IOV RAO, 228. 5. Zavorodnyaya, A. (2001). Upravlenie znaniyami v organizatsii. Noveye znaniya, №1, 28–30. 6. Zimnyaya, I. A. (2003). Klyuchevye kompetencii – novaya paradigma rezultata obrazovaniya. Vyshee obrazovaniye segodnya, №5, 34–42. 7. Asai, K., Vataada, D., Iwai, S. i dr. (1993). Prikladnye nechetkie sistemy: monografiya; p er. s yapon. Moscow: Mir, 392. 8. Pegat, A. (2009). Nечetkoe modelirovaniye i upravleniye; per. s angl. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 798. 9. Shafer, G. (1976). A mathematical theory of evidence. Princeton University Press, Princeton, 297. 10. Smarandache, F. Dezert, J. (2004). (Editors), Applications and Advances of DSmT for Information Fusion. Collected Works, American Research Press, Rehoboth, 473. 11. Kovalenko, I. I., Shved, A. V. (2012). Nekotorye prikladnye zadachi teorii grubyx mnozhestv. Vestnik XNTU, №1(44), 7–14. 12. Kuratovskij, K., Mostovskij, A. (1970). Teoriya mnozhestv. Moscow, «Mir», 416. 13. Rezhim dostupa: [www.pmi.org.ua](http://www.pmi.org.ua). 14. Shvarc, L. (1972). Analiz; per. franc., Tom. 1, Moscow, «Mir», 824. 15. Pegat, A. (2011). Nечetkoe modelirovaniye i upravleniye; per. s angl. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 798. 16. Maklakov, S. V. (1999). BPWin i ERWin. CASE-sredstva razrabotki informacionnyx sistem. Moscow: DIALOG – MIFI, 256. 17. Slastenin, V. A., Isaev, I. F., Shiyonov, E. N. (2002). Pedagogika: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ped. ucheb. zavedenij. Moscow: Izd. centr "Akademiya", 576. 18. Strelchuk, E. A. (2010). Sravnitelnyj analiz metodov opredeleniya urovnej kompetencij IT specialistov v sistemax ocenki personala. Sistemi upravlinnya, navigacii ta zv'yazku: Zbirmik naukovix prac Cenr. naukovo-doslidnogo institutu navigacii i upravlinnya, Vip. 1 (13), 171–175. 19. Zade, L. (1976). Nечetkaya logika: ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ego prilozhenie k prinyatiyu priblizhennyx reshenij. Moscow: Mir, 167. 20. Larichev, O. I., Moshkovich, E. M. (1996). Kachestvennye metody prinyatiya reshenij. Verbalnyj analiz reshenij. Moscow: Nauka. Fizmatlit, 208. 21. Kitaev, N. N. (1975). Gruppye ekspertnye ocenki. Moscow: Znanie, 64. 22. Kiseleva, N. E., Pankova, L. A. Shnejderman, M. (1975). Strukturnyj podxod k analizu i obrabotke dannyx ekspertnogo oprosa. Avtomatika i telemexanika, №4, 64–70. 23. Ilina, E. P. (2007). Ocenka i ispolzovanie pokazatelej kachestva ekspertnogo resheniya problemu. Vostochno-Evropeskij zhurnal peredovyx tehnologij, №6/3 (78), 46–52. 24. Kovalenko, I. I., Shved, A. V. (2013). Ekspertnye tehnologii podderzhki prinyatiya reshenij: monografiya. Nikolaev: Iliun, 216. 25. Orlov, A. I. (2002). Ekspertnye ocenki. Moscow: Ekzamen, 31. 26. Saati, T. (1993). Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarxij. Moscow: Radio i svyaz, 278. 27. Dubois, D., Prade, H. (1986). A Set-Theoretic View of Belief Functions. International Journal of General Systems, Vol. 12, 193–226. 28. Stanovskij, O. L., Kolesnikova, K. V. Lebedeva, O. Yu., Xelbov, I. (2015). Analiz dinamichnix modelej procesu upravlinnya proektami. Vostochno-Evropeskij zhurnal peredovyx tehnologij, №6/3 (78), 46–52. 29. Kucherenko, E. I., Druk, A. D. (2014). Rasshirenie metodov intellektualnogo upravleniya slozhnyimi obektami. Vostochno-Evropeskij zhurnal peredovyx tehnologij, № 4/3 (70), 13–18.

Поступила (received) 20.12.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Шостак Елена Игоревна** – аспирант, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», аспирант кафедры «Менеджмента»; 61070, ул. Чкалова 17, г. Харьков, Украина; e-mail: [ei\\_shostak@mail.ru](mailto:ei_shostak@mail.ru).