

ББК 40,6:28.081

К 90

УДК 502.7

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ И РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Шавва К.И., д.т.н., проф., Дорофеев В.С., д.т.н., проф., Мишутин А.В., проф.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина*

Впервые была разработана методика, позволяющая комплексно и количественно оценивать уровень экологического состояния (надежности) сравниваемых действующих или реконструируемых мелиоративных как оросительных, так и осушительных систем и из числа сравниваемых выбирать лучшие системы, а также устанавливать рациональную очередность их переустройства. В основе данной методики были использованы методы квалиметрии, науки о количественном измерении качества различных объектов.

Агропромышленный комплекс Украины является одним из основных водопотребителей и в то же время загрязнителей земельных и водных ресурсов в государстве.

Долгое время водные ресурсы считались неисчерпаемыми и способными к самоочищению. Однако увеличение влияния человека на земельные ресурсы, водные источники, на ландшафты водосборных бассейнов привела к нарушению формирования стока и водного режима, снижению самовосстанавливающей способности водных ресурсов, а также увеличению проявлений отрицательного действия воды на почвы, особенно в орошаемой земледелии [4].

За последние 15-20 лет изучению комплексной количественной оценки технического экологического состояния действующих и реконструируемых оросительных систем был опубликован ряд научных работ с различными подходами к ее решению [1,2,3,4,5,6,7,10,15], но до настоящего времени из-за сложности проблемы, инженерной методики оценки технико-экологического состояния надежности оросительных систем не имеется.

В данной работе для решения этой важнейшей научно-прикладной проблемы для комплексной количественной оценки уровня экологического состояния действующих и реконструируемых мелиоративных систем были использованы методы квалиметрии-науки о количественном измерении качества любой строительной, технической или другой оценки состояния продукции [8,9,11,13,14,15].

Экологическая надежность – это численный показатель способности оросительной системы обеспечивать экологическое равновесие [1,2,3,4]. Под оптимизацией природной среды подразумевается комплекс мер по рациональному использованию естественных ресурсов, охране, оздоровлению и обогащению природной среды. В этом случае орошение следует считать оптимизирующим фактором, направленным на повышение экологического и экономического потенциала природных ресурсов. Во избежание серьезных нарушений экологической обстановки крайне важно комплексно решать проблемы орошения, увязывая в едином комплексе сооружения, несущие технологическую и природоохранную нагрузки [2,3]. Экологическая часть проектов орошения и осушения должна учитывать возрастающие масштабы негативных изменений водного и солевого баланса мелиорируемых территорий, а также учитывать эрозионные процессы, подтопление и затопление орошаемых земель, их засоление, переуплотнение почвы и т.п. Таким образом, создается экологическая надежность мелиоративной системы, под которой понимается способность оросительной системы обеспечивать в течение определенного времени при заданных условиях эксплуатации выдержать

нагрузки или экологические воздействия на окружающую среду, природные комплексы, не превышающие допустимых значений [3].

Высокий уровень экологической надежности оросительных систем достигается проведением на ее территории и прилегающих к ней землях различных мероприятий, включающих охрану от загрязнений и истощения поверхностных и подземных вод, защиту орошаемых почв, повышение почвенного плодородия, охрану флоры, фауны и ценных природных комплексов, создание лесополос и прудов [2,3].

В работах [1,2,3,4,15], посвященных количественной оценке экологической надежности проектов мелиоративных систем при соблюдении экологического равновесия отмечается, что эта характеристика состояния системы должна оцениваться в сочетании внутрисистемных и внешних факторов. Далее авторы отмечают: «Естественно, что возникает требование к экологической надежности (как показателю численному), чтобы она включала величину, учитывающую требования региона (метасистемы) – региональную составляющую и экологический показатель непосредственно по самой системе – объектную составляющую».

Указанное свойство экологической надежности они предлагают выразить в виде такой зависимости [4,15]:

$$H_{Э0} = H_{Эр} + H_{ЭС}; \quad (1)$$

где $H_{Э0}$ – надежность экологическая общая; $H_{Эр}$ – надежность экологическая региональная; $H_{ЭС}$ – надежность экологическая непосредственно систем.

Первая составляющая $H_{Эр}$ отражает, по существу, совместимость системы с регионом, экологическую допустимость строительства данной системы в данном конкретном регионе.

С точки зрения экологической допустимости данного объекта к региону могут рассматриваться только два случая: объект экологически допустим ($H_{Эр}=1$) и объект экологически недопустим ($H_{Эр}=0$), где промежуточное значение не имеет смысла.

Экологическая надежность на уровне оросительной системы ($H_{ЭС}$) – объектная составляющая, должна определять на основе учета всех компонентов природной среды внутри системы и осуществления соответствующих мероприятий, обеспечивающих их экологическое равновесие, т.е. оценка на уровне самой мелиоративной системы.

Далее вышеназванные авторы пишут: «Если принять положение, что для природы все компоненты и факторы природной среды в одинаковой степени важны, в этом именно заключается глобальный подход к проблемам защиты окружающей среды, что все звенья в природных системах равноправны, и не прибегая к весовому методу (что весьма сложно давать оценку для участия каждого компонента природной среды в образовании соответствующих природных условий) экологическую надежность на уровне объекта можно представить в виде частного, где в знаменателе будет общее число факторов, требований, условий, в числителе – числа учтенных в проекте и осуществленных

$$: \frac{m}{n} \quad (2)$$

Т.е., в этом случае экологическая надежность оросительной системы выгидит как показатель полноты охвата системы требованиями природоохранных мероприятий.

Если, например, полный набор природоохранных требований по системе составляют 20 наименований, а в проекте адекватно предусмотрены мероприятия, удовлетворяющие требованиям, только по 15 пунктам, то для данного случая:

$$: \frac{15}{20} = 0,75 \quad ; \quad (3)$$

И далее названные выше авторы отмечают, что можно сказать $H_{ЭС}$ – отражает меру экологической надежности как некоторое упрощение, «огрубление» ситуации и его можно рассматривать как приблизительную оценку качества проекта (в смысле учета

природоохранных требований). Далее они пишут: «На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что показатель экологической надежности имеет свою специфику – он не определяется вероятностью, а состоит из двух множеств – регионального и системного (объектного), и поэтому общая экологическая надежность выражается двумя числами, первое из которых имеет два значения 1 и 0, а второе показывает промежуток $0 \leq H_{ЭС} \leq 1$ ».

Учитывая сложность количественной оценки экологической надежности мелиоративных систем, которые признают, что предлагаемая ими методика носит ориентировочный, приближенный характер.

Далее они пишут, что: «Можно сказать, что показатель $H_{ЭС}$ мелиоративной системы отражает меру экологической надежности как некоторое упрощение, «огрубление» ситуации и его можно рассматривать как приблизительную оценку качества проекта (в смысле учета природоохранных требований)».

Это подтверждают и сами авторы методики [1,2,3] относительно количественной экологической оценки состояния мелиоративных проектов, так как она практически мало приемлема, а тем более вообще не приемлема для количественной оценки экологического состояния действующих и реконструируемых оросительных систем.

В Украине подавляющее большинство действующих оросительных систем, построенных более 20 лет назад, имеют различный уровень их экологического состояния. Возникает весьма актуальная научно-прикладная проблема, как количественно, комплексно оценить экологическое состояние каждой действующей оросительной системы и установить рациональную очередность их реконструкции в масштабе области, а также другие задачи.

Применение для решения этой проблемы формулы (3) не позволяет решать эти задачи. Для решения этой проблемы применительно к комплексной количественной оценке негативного воздействия действующих оросительных систем на окружающую среду, нами приняты методы квалиметрии, изложенные в работах [4,5,6,7,8,9].

Количественная оценка уровня качества любых объектов, как правило, включает следующие этапы [14]:

- определение цели оценки;
- выбор номенклатуры показателей для оценки качества;
- выбор методов определения показателей качества;
- определение значения показателей качества;
- сопоставление исходных данных с базовыми показателями;
- сопоставление полученных результатов с поставленной целью, и в случае необходимости, их корректировка;
- использование результатов оценки, которые должны служить основой для принятия управленческих решений, управляющих определенными процессами [14].

К определению уровня экологического состояния (надежности) мелиоративных систем можно перейти только после выбора аналога или базовых показателей лучшей оросительной системы.

Применяются следующие три главных метода: дифференциальный, комплексный и интегральный методы [6,7,8,10].

Дифференциальный метод заключается в сопоставлении единичных показателей качества той или иной оросительной системы с соответствующими показателями аналога или базового показателя. Для количественной оценки качества сравниваемых оросительных систем необходимо все показатели перевести в относительную размерность.

Относительное значение i -го показателя j -ой оросительной системы определяется делением любого сравнительного и весомого показателя на максимальное его значение (P_{\max}) и умноженное на весомость этого показателя B_i , которая равна 10 балам для каждого показателя;

$$P_i/P_{max} * \beta_i \quad (\text{или}) \quad \frac{P_i}{P_j} * \beta_i \quad (4)$$

где K_i^j относительная оценка i-го показателя j-ой оросительной системы; P_i - значение i-го показателя любой оросительной системы в ряду, P1, P2+...Pn; β_i - весомость i-го единичного показателя качества в относительных величинах или в баллах. Pmax – максимальное значение показателя оросительной системы из данного ряда P1, P2+...Pn;

β_i весомость каждого i-го показателя в баллах, которая для всех десяти оценочных показателей принимается одинаковой равной $\beta_i = \text{const} = 10$ бал. Увеличение N отвечает улучшению качества оросительной системы способствующей увеличению КПД, КЗИ и росту урожайности с\х культур. При необходимости рассчитать аналогичный показатель для удельной материалоемкости водоёмкости, расхода электроэнергии, себестоимости или применяют следующую формулу:

$$K_{об}^j$$

$$K_{y\partial}^{jk} = \sum_{i=1}^n (K_{об}^j)$$

$$\beta_i$$

$$3_{jy\partial} = 3_j^{np} = \frac{E_n * K_{y\partial}^j + C_{ам}^j + C_{ол}^j}{\sum K_{эк}^{yj}} * 2d / \text{на } 1 \text{ балл min}; (F)$$

$$\frac{3_{jy\partial}}{\sum K_{y\partial}^j}$$

$$K_{y\partial}^j$$

$$C_{ам}^j$$

$$C_{эл}^j$$

$$K_{эк}^{yj}$$

(5), (6), (7), а также использованы исходные данные об их экологическом состоянии действующих оросительных систем, необходимое для наших расчетов, которые приведены в таблице (1).

Таблица 1

Исходные технико-экономические единичные показатели оценки действующих оросительных систем

Направ. улучшения оценочного показателя	№ п/п	Исходные показатели для оценки экологического состояния пяти действующих оросительных систем в соответствующих единицах измерения
+	1	Содержимое гумуса в орошаемых землях, в % - 3, 4, [7], 6, 5 по сравнимым оросит. системам 3, 4, [7], 6, 5
+	2	Глубина залегания грунтовых вод, м - [10], 9, 7, 5, 2, 5
-	3	Процент смытых и эродированных земель – 4, [2], 6, 8, 10
-	4	Процент подтопленных земель от общей орошаемой площади – 3, 2, 5, 6, [1]
-	5	Процент засоленных почв – 5, [3], 10, 4, 6
-	6	Процент потерь уровня с/х культур от уплотнения почвы с/х машинами 10, 7, [5], 9, 15
-	7	Процент износа внутрхозяйственных и межхозяйственных оросительных систем - [30], 35, 40, 50, 0, 45
-	8	Ирригационная эрозия почв от дождевания в % от общей орошаемой площади – 8, 11, [5], 7, 10, 0, 15
+	9	Достижение уровня проектной урожайности с/х культур в %- 80, 85, 75, 70, [90],
-	10	Минерализация поливной воды, гр/л – 1,5; 1,2; 1,0; [0,8]; 0,9.

Примечание : [] – обозначает лучший показатель из числа сравниваемых. Удельные капиталовложения в реконструкцию оросительных систем изменяется от 15000 до 20000 грн/га.

При (+) в расчетах применяется формула (4), а при (-) в расчетах используется формула (5).

Экономические показатели эксплуатируемых оросительных систем

-		Удельные капиталовложения в строительстве оросительной системы, гр/га – 20000, [15000], 18000, 17000, 16000
-		Удельный расход электричества на 1 га в кВт/час – 1900, 1600, 2000, [1500], 2700 при тарифе 0,25 гр/кВтч
-		Норма амортизационных отчислений на закрытых оросительных системах составляет 5% от удельных капиталовложений в строительстве j-ой оросительной системы
-		Удельная норма годовой амортизации отчислений на 1 га – 1000, [750], 900, 850, [800]
-		Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, равный $E=0,12$ для каждой оросительной системы

Примечание:

В таблице (1) в рамках [] приняты за эталон базовые наилучшие показатели.

Для каждого из десяти экологических оценочных показателей принят одинаковый вес равный $V_i=10$ баллам, а их общая сумма должна была быть равна 100 баллам.

Используя формулы (4), (5) и (6) необходимо рассчитать общий экологический уровень для каждой оросительной системы.

Выбор оптимального варианта при комплексной количественной оценке экологического состояния сравниваемых оросительных систем в условиях многокритической задачи, лучше всего производить с использованием так называемой матрицы решений [9,12].

Матрица решений при количественной оценке экологического состояния сравниваемых оросительных систем приведена в таблице (3).

Общий уровень экологического состояния сравниваемых пяти оросительных систем в баллах: $I_{op}=70,219$, $II_{op}=76,302$, $III_{op}=67,753$, $IV_{op}=57,896$, $V_{op}=55,477$ балла. Из числа сравниваемых оросительных систем лучшей оказалась $II_{op}=76,302$ балла, а худшей $V_{op}=55,477$ балла.

Окончательная оценка сравниваемых вариантов качества оросительных систем.

Используя в данной таблице (2) количественной экологической оценки состояния пяти оросительных систем, а также формулы (7), определяем количественную экономико-экологическую оценку вышеназванных оросительных систем, результаты приведены в таблице (3).

Матрица решений при комплексной количественной эколого-экономической оценке состояния оросительных систем

Оценочные экологические показатели оросительных систем и их ведомость													
№ оросит. сис-мы	$K_i = \frac{P_{ki}}{P_i} \cdot \beta_i$	$\frac{P_1}{P_4} \cdot \beta_1$	$\frac{P_0}{P_4} \cdot \beta_2$	$\frac{P_4}{P_3} \cdot \beta_3$	$\frac{P_4}{P_4} \cdot \beta_4$	$\frac{P_4}{P_5} \cdot \beta_5$	$\frac{P_4}{P_6} \cdot \beta_6$	$\frac{P_4}{P_7} \cdot \beta_7$	$\frac{P_4}{P_8} \cdot \beta_8$	$\frac{P_4}{P_9} \cdot \beta_9$	$\frac{P_4}{P_{10}} \cdot \beta_{10}$	Экологическая оценка ΣK_i в баллах	Окончательная эколого-экономическая оценка сравниваемых оросительных систем, грн/балл
	$\beta_1 = 10$	$\beta_2 = 10$	$\beta_3 = 10$	$\beta_4 = 10$	$\beta_5 = 10$	$\beta_6 = 10$	$\beta_7 = 10$	$\beta_8 = 10$	$\beta_9 = 10$	$\beta_{10} = 10$			
I	$\frac{3}{7} \cdot 10$ 4,86	$\frac{10}{10} \cdot 10$ 10	$\frac{2}{6} \cdot 10$ 3,335	$\frac{1}{5} \cdot 10$ 2,0	$\frac{3}{5} \cdot 10$ 6,0	$\frac{5}{10} \cdot 10$ 5,0	$\frac{30}{30} \cdot 10$ 10	$\frac{5}{8} \cdot 10$ 6,25	$\frac{80}{90} \cdot 10$ 8,888	$\frac{0,8}{10} \cdot 10$ 8,0	64,403	II	60,0
II	$\frac{1}{4} \cdot 10$ 5,0	$\frac{9}{10} \cdot 10$ 9,0	$\frac{2}{6} \cdot 10$ 5,33	$\frac{1}{2} \cdot 10$ 5,9	$\frac{3}{3} \cdot 10$ 10	$\frac{5}{7} \cdot 10$ 7,142	$\frac{30}{35} \cdot 10$ 8,5	$\frac{5}{11} \cdot 10$ 4,59	$\frac{88}{90} \cdot 10$ 9,44	$\frac{0,8}{1,2} \cdot 10$ 6,67	71,528	I	83,64
III	$\frac{7}{10} \cdot 10$ 7,0	$\frac{2}{6} \cdot 10$ 3,33	$\frac{2}{6} \cdot 10$ 3,33	$\frac{4}{5} \cdot 10$ 2,0	$\frac{3}{10} \cdot 10$ 3,0	$\frac{5}{5} \cdot 10$ 10,0	$\frac{30}{40} \cdot 10$ 7,5	$\frac{5}{5} \cdot 10$ 10,0	$\frac{75}{90} \cdot 10$ 8,33	$\frac{0,8}{1} \cdot 10$ 8,0	62,5	III	76,4
IV	$\frac{5}{7} \cdot 10$ 8,57	$\frac{5}{10} \cdot 10$ 5,0	$\frac{2}{3} \cdot 10$ 2,5	$\frac{1}{6} \cdot 10$ 1,66	$\frac{5}{9} \cdot 10$ 7,5	$\frac{5}{9} \cdot 10$ 5,50	$\frac{30}{50} \cdot 10$ 6,0	$\frac{5}{10} \cdot 10$ 5,0	$\frac{20}{90} \cdot 10$ 8,88	$\frac{70}{90} \cdot 10$ 7,77	58,575	IV	81,47
V	$\frac{5}{7} \cdot 10$ 7,14	$\frac{2,5}{10} \cdot 10$ 2,5	$\frac{2}{10} \cdot 10$ 2,0	$\frac{1}{1} \cdot 10$ 10,0	$\frac{3}{6} \cdot 10$ 5,0	$\frac{5}{15} \cdot 10$ 3,33	$\frac{30}{45} \cdot 10$ 6,67	$\frac{5}{15} \cdot 10$ 3,33	$\frac{90}{90} \cdot 10$ 10,0	$\frac{0,8}{0,9} \cdot 10$ 8,88	50,838	V	100,4

Переходим ко второму заключительному этапу экономической оценки затрат восстановления экологического состояния до нормы, для этого используем данные экологической оценки состояния каждой оросительной системы, а затем, используя формулу (7), производим окончательную эколого-экономическую оценку каждой оросительной системы.

Результаты эколого-экономической оценки приведены в таблице (3), где удельные приведенные затраты на один балл у лучшей из сравниваемых систем, занявшей первое место составляют 38,746 грн/на 1 балл, а худшей системы, занявшей пятое место – 61,270 грн/на 1 балл. Комплексная количественная оценка экологического состояния сравниваемых оросительных систем позволяет определять также для каждой из них «резерв» недоиспользования уровня ее качества по сравнению с максимально возможной (базовой) оросительной системой, соответствующей $\Sigma=100$ баллам, $\Sigma=1$. Тогда возможно «резерв» ($\Delta r_{jk}=jk$) для той или иной оросительной системы определяется по формуле:

$$\delta_{rjk} = 100 - K_{j\phi} ; \text{баллов} \quad (8)$$

где Δr_{jk} – резерв уровня качества для j-ой оросительной системы по сравнению с системой, имеющей максимальный уровень, соответствующий 100 баллам; $K_{j\phi}$ – фактический эколого-экономический уровень j-ой мелиоративной системы в баллах.

Для того чтобы объективно оценивать количественный экологический уровень состояния сравниваемых оросительных систем или других их объектов в литературе [7,15] предлагается использовать шкалу желательности, которая приведена в таблице (4). Анализируя данные таблицы 3 результаты комплексной количественной эколого-экономической оценки состояния пяти оросительных систем очевидно, что по общей экологической оценке первое место заняла 2-я оросительная система, набравшая 71,528 балла, а при окончательной эколого-экономической оценке наилучшей из числа сравниваемых систем окажется оросительная система, у которой наименьшие удельные приведенные затраты на 1 балл – 60 грн/балл.

Используя формулу (8) и данные таблицы (4) для выше названных пяти сравниваемых действующих оросительных систем, можно определить уровень их эколого-экономического состояния, и в частности, рассчитать для каждой из них:

- а) фактический эколого-экономический показатель ее качества (К_{жф}) в баллах;
- б) определить для каждой из них имеющийся «резерв» уровня качества по сравнению с максимальным уровнем базовой или эталонной оросительной системы, имеющий 100 баллов.

Таблица 4

Качественные показатели желательной оросительной системы	Показатель качества j-ой оросительной системы к _{жф} в баллах	Качественная характеристика абсолютного значения i-того единичного показателя
1	100	Максимальный уровень – качество очень хорошее
1,0-0,80	100-80	Приемлемый уровень, значительно превышающий показатели экологического продукта на мировом рынке – качество хорошее
0,80-0,63	80-63	Хороший уровень, превосходящий оптимальный и коммерческий уровни, $K_{ij}=1/e \approx 0.63$ или 63 балла
0,63-0,40	63-40	Недостаточно хороший уровень для рыночной конкуренции, качество удовлетворительное.
0,40-0,30	40-30	Граничная зона. Часть продукта не соответствует техническим условиям. Предел $K_{ij}=1/e \approx 0.368$; качество плохое.
0,30-0,00	30-0,00	Неприемлема. Продукт находится на таком низком уровне, что не выдерживает всех ТУ.

Из результатов эколого-экономической оценки можно видеть, что все пять оросительных систем имеют фактический показатель их качества (К_{жф}) сравнительно низкий их уровень К_{жф}=40-63 балла, т.е. все оросительные системы или их отдельные элементы требуют улучшения или полной общей их реконструкции.

Количественная оценка недоиспользования их эколого-экономического потенциала – «резерва» составляет от 10 до 50% или по сравнению с оптимальной – базовой экологически совершенной, безопасной оросительной системой.

Выводы

1. Представленная методика для количественной оценки экологического состояния действующих и реконструируемых оросительных систем позволяет учитывать до десяти и более эколого-экономических показателей.

2. Проведенные расчеты показали, что использование данной методики для комплексной количественной оценки экологического состояния действующих оросительных систем позволяет количественно определять в баллах или % для каждой оросительной системы:

- а) фактический экологический уровень (К_{жф}) каждой оросительной системы;
- б) эколого-экономический уровень каждой из оцениваемых действующих оросительных систем;

в) установить рациональную очередность их полной реконструкции или частичного их переустройства;

г) использование данной методики также позволяет определять для каждой оросительной системы количественно имеющийся ее потенциальный экологический «резерв», который можно использовать после ее реконструкции с целью повышения ее экологического состояния до 100%.

SUMMARY

The engineering methodic for the quantitative estimation of the ecological influence on the environment and for the safety of meliorative systems had been done.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карук Б. П. Особенности проектирования водохозяйственных объектов как природно-технических систем, обеспечение экологической надежности. Киев, издание ВИПК Минводхоза СССР, 1987г., 65с.
2. Фильгачев В. Д., Дупляк В. Д., Мусиенко Б. А. Проектирование и строительство оросительных систем и их экологическая надежность. Киев, «Будівельник», 1983г., 72с.
3. Кулибабин А. Г. Экологические основы мелиоративного проектирования. Учебник для студентов высших учебных заведений. Одесса ОГУ, 2006 г,107с.
4. Шавва К.И., Олексич В.Н. Методика количественной оценки экологического состояния реконструированных мелиоративных систем. Сборник «Экологические аспекты мелиорации земель». Кишинев, КСХИ им.М.В.Фрунзе, 1991 г.,19-20с.
5. Шавва К.И. Количественные оценки технического уровня мелиоративных систем и обоснование рациональной очередности их реконструкции. Сборник «Проблемы комплексной мелиорации земель». Саратов, Саратовский СХИ им.Н.И.Вавилова, 1989г.,23-25с.
6. Азгальдова Г.Г.,Райхман Э.П. «О квалиметрии». М., Издательство стандартов 1971г.,171с.
7. Горюнов А.Н.,Горюнов Н.С. Оценка технического состояния гидромелиоративных систем. Киев, УМКВО 1991г., 74с.
8. Гличаев А.В., Рабинович Г.О., Примаков М.И., Синицин М.М. Прикладные вопросы квалиметрии. М., Издательство стандартов, 1983.,279с.
9. Быков В.П., Методика проектирование объектов новой техники. Учебное пособие вузов. М., «высшая школа», 1990г.,168с.
10. Методические колебания по оценке уровня качества аттестуемой продукции строительной индустрии промышленность строительных материалов. МУС 2-76.
11. Harrington E.C. The desirability Function? «Industry. Quality Control», 1965, April.
12. Хилл П. Наука и искусство проектирования. Перевод с английского. М.,1978г.
13. Ухов Н.Н., Михайлов С.К., Беляков Е.И. Прогнозирование качества продукции. Ленинград, «Науку», 1980г., 123с.
14. Вениаминов Ю.С., Шор Я.Б. Количественные оценки качества. Сборник «Управление качеством продукции». М., издательство «Московский рабочий», 1974г., 41-60с.
15. Карук Б.П. Обеспечение экологической надежности мелиоративных объектов. Киев, «Урожай», 1987г., 220с.