

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Введение. Реконструкция оросительных систем представляет собой комплекс организационных, технических и технологических мероприятий по переустройству отдельных объектов, направленных на повышение технического уровня действующих систем и их водообеспеченности, внедрение оптимальных технологических процессов и улучшения мелиоративного состояния земель [1].

Цель реконструкции – обеспечение повышения продуктивности орошаемых земель, увеличение производства сельхозпродукции и снижение ее себестоимости, улучшение условий и повышение надежности и долговечности, оросительной системы (водозабор, магистральные и распределительные каналы, насосная станция, гидротехнические сооружения на сети и др.) [1, 2].

Принятие решения о необходимости реконструкции и модернизации оросительных систем производится на основе оценки соответствия потребительских качеств системы современному техническому уровню [1–3].

Методика исследований. Выбор варианта реконструкции или модернизации системы осуществляется в результате технико-экономического сравнения нескольких вариантов, включающих комплексную реконструкцию и модернизацию оросительной системы. Технико-экономические расчеты для выбора наиболее целесообразного варианта выполняются с использованием целевой функции, учитывающей приведенные затраты на реконструкцию или модернизацию системы от орошения сельскохозяйственных культур и показатели технического уровня системы после ее реконструкции [4–6].

Экономический эффект от проведения реконструкции и модернизации системы будет обуславливаться увеличением объема производства, ростом производительности труда, снижением эксплуатационных затрат. Составляющие эффекта комплексной реконструкции образуются за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур, вовлечения в оборот дополнительных площадей, снижения расходов на эксплуатацию и автоматизацию технических процессов, рационального использования водных ресурсов, сохранения плодородия почвы, поддержания нормального мелиоративного состояния земель, сохранения окружающей природной среды, создания комфортных производственных и бытовых условий для населения.

Экологический эффект выражается в исключении негативного влияния на окружающую природную среду, создании нормальных условий для отдыха населения и мест обитания для животных, сохранении флоры и фауны как на орошаемых массивах, так и на прилегающих территориях, сохранении и повышении плодородия почв, поддержании нормального мелиоративного состояния орошаемых земель и необходимой минерализации оросительных и грунтовых вод.

Результаты и обсуждения. Для выбора оптимального варианта реконструкции и модернизации оросительной системы могут быть использованы экономико-математические модели, основанные на составлении целевой функции, учитывающие технические и стоимостные показатели, а также вероятностные факторы [4]. Оптимальный вариант в такой экономико-математической модели выбирается путем минимизации функции приведенных затрат.

При выборе оптимального варианта целесообразно использовать целевую функцию, учитывающую приведенные затраты на реконструкцию или модернизацию оросительной системы, прибыли от выращивания сельскохозяйственных культур на орошае-

мых землях и стоимость потерянной воды за поливной период [7], и имеющую следующий вид:

$$\bar{C}_f = \sum_{t=1}^{\tau} \alpha_t [\bar{Z}_t - (P_q - P_{q_0}) \cdot R_{op} + (1 - \eta) \cdot Q_{вз} \cdot T \cdot C_{в}] \rightarrow \min, \quad (1)$$

где \bar{C}_f – приведенная целевая функция к расчетному году, руб.; \bar{Z} – приведенные затраты на реконструкцию или модернизацию оросительной системы, руб.;

$$\bar{Z} = E_n \cdot \bar{K} + I,$$

\bar{K} – капитальные вложения, руб.; I – ежегодные издержки, руб.; E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности (для орошения – 0,15); P_q – вероятность водообеспеченности системы по расчетному году за вегетационный период после реконструкции; P_{q_0} – вероятность водообеспеченности по расчетному году за вегетационный период до реконструкции; R_{op} – прибыль (доход) от использования воды для орошения сельскохозяйственных культур на площади оросительной системы, руб.; η – КПД оросительной сети; $Q_{вз}$ – расход головного водозабора в систему в период орошения, м³/с; T – время орошения сельскохозяйственных культур, с; $C_{в}$ – стоимость 1 м³ использованной воды для орошения, руб.; α_t – коэффициент приведения (дисконтирования) к расчетному году:

$$\alpha_t = (1 + E_{ин})^{\tau-1},$$

где τ – год приведения затрат, который должен быть одинаковым для всех сравниваемых вариантов; $E_{ин}$ – нормативное значение коэффициента приведения затрат (0,08).

Согласно данной целевой функции оптимальный вариант системы выбирается исходя из минимума приведенных к расчетному году затрат.

Расчетами по целевой функции (1) рассматриваются следующие основные варианты (рис. 1): комплексная реконструкция, частичная реконструкция и модернизация оросительной системы.

Исходными данными для расчета по целевой функции являются следующие:

- срок службы системы;
 - расчетный год приведения затрат;
 - капитальные вложения в долях от первоначальной балансовой стоимости объекта:
 - для варианта комплексной реконструкции $K_1 = (0,50 \div 1,0) \cdot C_{бал}$;
 - для варианта частичной реконструкции $K_2 = (0,25 \div 0,50) \cdot C_{бал}$;
 - для варианта модернизации $K_3 = (0,10 \div 0,35) \cdot C_{бал}$;
 - ежегодные издержки на эксплуатацию системы $I = 0,01 \cdot C_{бал}$;
 - прибыль (доход) от использования воды на орошение всей площади оросительной системы R_{op} ;
 - показатели оросительной системы после реконструкции и модернизации:
 - водообеспеченность – P_q , КПД – η ;
 - расход водозабора – $Q_{вз}$;
 - площадь орошения системы – F_{op}
- Показатели оросительной системы до реконструкции и модернизации:
- водообеспеченность – P_q , КПД – η ;
 - расход водозабора – $Q_{вз}$.

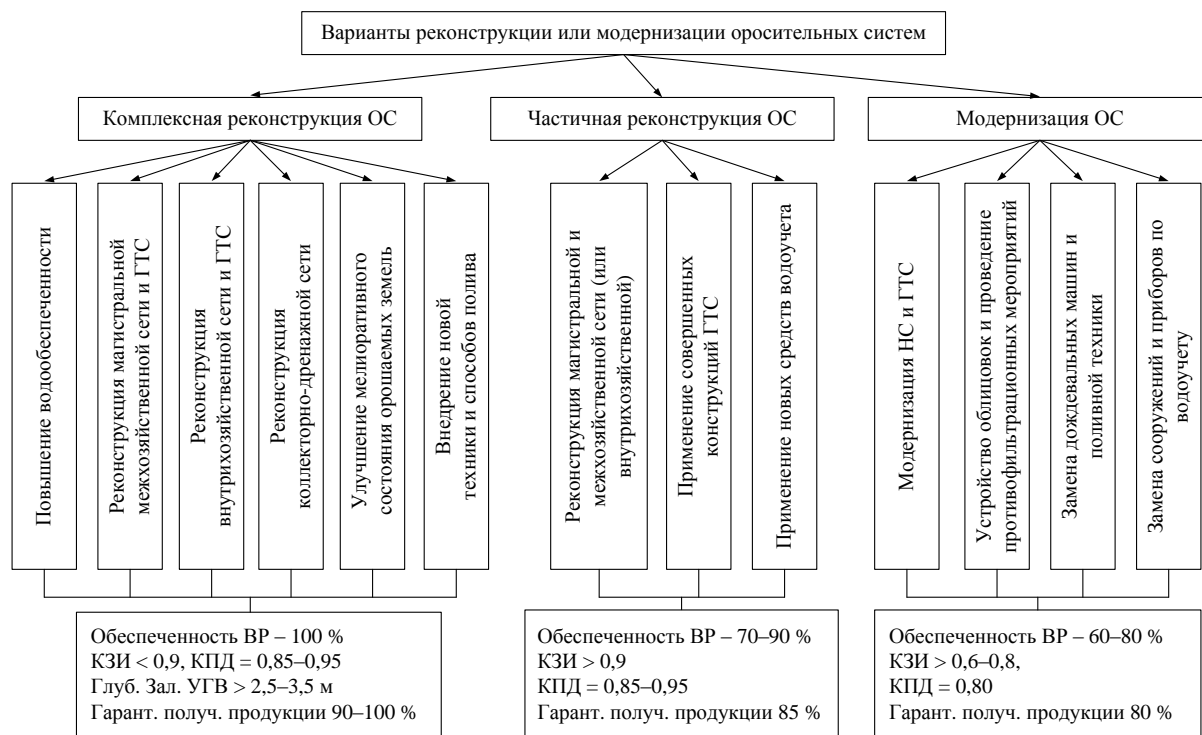


Рис. 1. Рассматриваемые варианты реконструкции или модернизации оросительных систем

Комплексную реконструкцию оросительных систем осуществляют при выполнении всех видов работ на объекте: реконструкция оросительной сети и повышение водообеспеченности; улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, главным образом за счет строительства и реконструкции коллекторно-дренажной сети; внедрение новой техники и способов полива сельскохозяйственных культур; проведение капитальной и эксплуатационной планировки земель. Эти мероприятия проводят одновременно со строительством жилых и бытовых помещений, дорог, а также развитием сельскохозяйственной производственной базы.

Реконструкция объектов внутрихозяйственной сети должна быть увязана с реконструкцией объектов межхозяйственной сети и разрабатывается по единым генеральным схемам.

Проведение комплексной реконструкции позволит повысить обеспеченность системы водными ресурсами до 100 %, увеличить основные показатели технического уровня системы: КЗИ – более 0,90, КПД – до 0,85–0,95, глубина залегания уровня грунтовых вод – более 2,5–3,5 м, обеспечит гарантированное получение сельскохозяйственной продукции – до 90–100%.

Следует отметить, что комплексная реконструкция дает больший эффект и положительно влияет на окружающую среду, но требует значительных затрат по сравнению с частичной реконструкцией и модернизацией системы.

Частичная реконструкция предусматривает проведение отдельных видов работ:

- реконструкцию оросительной сети, обеспечивающей сокращение потерь воды на фильтрацию из каналов, применение совершенных конструкций сооружений и организацию учета оросительной воды, применение передовых средств полива сельскохозяйственных культур;

- реконструкцию коллекторно-дренажной сети путем замены ее совершенными конструкциями;

– реконструкцию оросительной сети с капитальной планировкой поверхности орошаемых полей с необходимым изменением форм и размеров поливных участков с целью применения прогрессивной техники полива;

– реконструкцию оросительной сети при условии применения прогрессивной техники полива с обоснованием возможной необходимости изменения трасс канала.

Частичная реконструкция оросительной системы позволит повысить обеспеченность водными ресурсами системы до 70–90 %, КЗИ – более 0,90, КПД – до 0,85–0,95, обеспечит гарантированное получение сельскохозяйственной продукции – до 85 %.

Модернизация оросительной системы предусматривает замену и обновление насосных станций и отдельных элементов ГТС, например, подъемных механизмов затворов, систем автоматического управления ГТС и регулирования уровней, замену и устройство облицовок каналов на более надежные и эффективные конструкции, замену водоучитывающих приборов и устройств. Проведение модернизации оросительных систем позволит повысить водообеспеченность системы до 60–80 %, КЗИ – до 0,60–0,80, КПД – до 0,80, обеспечит гарантированное получение с продукции до 80%.

Общая схема алгоритма расчета выбора оптимального варианта реконструкции и модернизации оросительной системы приведена на рисунке 2.

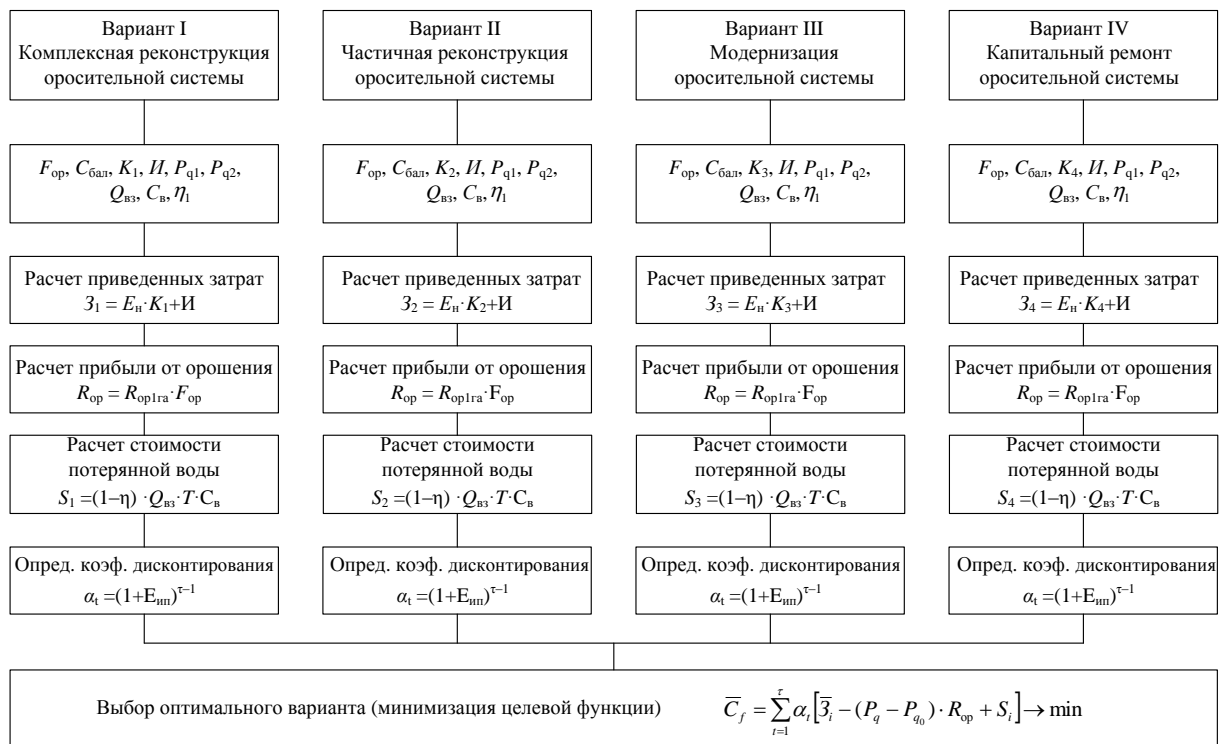


Рис. 2. Схема алгоритма компьютерного расчета выбора оптимального варианта реконструкции или модернизации оросительной системы

Согласно представленной схеме выбор проводится путем минимизации целевой функции (1) для четырех основных вариантов (комплексной реконструкции, частичной реконструкции, модернизации и текущего ремонта действующей оросительной системы). Помимо этого, для каждого основного варианта в зависимости от стоимостных характеристик и показателей технического состояния оросительной системы могут рассматриваться несколько подвариантов.

Для расчетов каждого варианта используются следующие исходные данные:

– площадь орошения системы $F_{ор}$, га;

– балансовая стоимость системы (первоначальная) $C_{бал}$, 10^9 руб.;

– капитальные затраты на реконструкцию и модернизацию системы по вариантам в соответствии со сметными расчетами или в зависимости от балансовой стоимости объекта $K_1, K_2, K_3, K_4, 10^9$ руб.;

– ежегодные издержки на эксплуатацию системы $I, 10^9$ руб.;

– коэффициент полезного действия системы с учетом повышения технического уровня после проведения ее реконструкции и модернизации $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$;

– прибыль от орошения сельскохозяйственных культур на площади в 1 га, $R_{\text{ор1га}}, 10^9$ руб.;

– расход водозабора в систему $Q_{\text{вз}}, \text{м}^3/\text{с}$;

– стоимость 1 м^3 использованной воды для орошения $C_{\text{в}}, \text{руб./м}^3$.

Расчеты приведенных затрат, прибыли от орошения и стоимости воды от потерь на оросительной системе (вследствие фильтрации из магистральных и распределительных каналов) проводятся по каждому варианту, а коэффициент дисконтирования α_t для сопоставимости находится для одного и того же периода приведения (срока эксплуатации) системы τ . Выбор оптимального варианта производится на основе подбора всех возможных вариантов (подвариантов) и определения минимума целевой функции $\bar{C}_f, 10^9$ руб.

Для автоматизации расчетов по выбору оптимального варианта реконструкции и модернизации оросительной системы разработана соответствующая компьютерная программа в пакете математических расчетов «Mathcad». Блок-схема расчета оптимального варианта реконструкции и модернизации ОС на ПЭВМ приведена на рисунке 2.

Далее рассмотрим примеры расчетов по выбору оптимального варианта системы.

Пример 1.

Исходные данные: площадь орошения $F_{\text{ор}} = 10$ тыс. га; балансовая стоимость ОС $C_{\text{бал}} = 170,8$ млн руб.; капитальные затраты по вариантам $K_1 = 1,0 \cdot C_{\text{бал}} = 170,8$ млн руб.; $K_2 = 0,40 \cdot C_{\text{бал}} = 68,3$ млн руб.; $K_3 = 0,20 \cdot C_{\text{бал}} = 34,17$ млн руб.; $K_4 = 0,30 \cdot C_{\text{бал}} = 51,2$ млн руб.; ежегодные издержки на эксплуатацию $I = 0,01 \cdot C_{\text{бал}} = 1,7$ млн руб.; КПД оросительной сети по вариантам $\eta_1 = 0,85$; $\eta_2 = 0,75$; $\eta_3 = 0,65$; $\eta_4 = 0,75$; вероятность водообеспеченности системы по вариантам $P_{q_1} = 1,0$ (100 %); $P_{q_2} = 0,85$ (85 %); $P_{q_3} = 0,65$ (65 %); $P_{q_4} = 0,60$ (60 %); прибыль от орошения 1 га = $R_{\text{ор1га}} = 9672$ руб./га; расход водозабора в систему $Q_{\text{вз}} = 4,2 \text{ м}^3/\text{с}$; стоимость воды для использования на орошение $C_{\text{в}} = 43,8$ руб./ м^3 . В расчетах также приняты следующие значения показателей: год приведения затрат $\tau = 40$ лет; коэффициент экономической эффективности $E_{\text{н}} = 0,15$; коэффициент приведения затрат $E_{\text{ип}} = 0,08$.

Пример 2.

Исходные данные: площадь орошения $F_{\text{ор}} = 10$ тыс. га; балансовая стоимость ОС $C_{\text{бал}} = 170,8$ млн. руб.; капитальные затраты по вариантам $K_1 = 0,75 \cdot C_{\text{бал}} = 128,1$ млн. руб.; $K_2 = 0,50 \cdot C_{\text{бал}} = 85,4$ млн. руб.; $K_3 = 0,25 \cdot C_{\text{бал}} = 42$ млн. руб.; $K_4 = 0,35 \cdot C_{\text{бал}} = 59,8$ млн. руб.; ежегодные издержки на эксплуатацию $I = 0,01 \cdot C_{\text{бал}} = 1,7$ млн. руб.; КПД оросительной сети по вариантам $\eta_1 = 0,83$; $\eta_2 = 0,80$; $\eta_3 = 0,70$; $\eta_4 = 0,45$; вероятность водообеспеченности системы по вариантам $P_{q_1} = 0,90$; $P_{q_2} = 0,89$; $P_{q_3} = 0,70$; $P_{q_4} = 0,75$; прибыль от орошения 1 га = $R_{\text{ор1га}} = 12000$ руб./га;

стоимость воды для использования на орошение $C_b = 43,8$ руб./м³; расход водозабора в систему $Q_{вз} = 4,2$ м³/с; год приведения затрат $\tau = 40$ лет; коэффициенты $E_n = 0,15$; $E_{ин} = 0,08$.

Исходные данные для расчетов приведены в таблице 1. Анализ результатов расчета показывает, что оптимальным вариантом для примера 1 и 2 являются варианты комплексной реконструкции оросительной системы, которые зависят от соотношения основных показателей системы по вариантам – η , P_q , капитальных затрат K , а также прибыли, полученной от орошения сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Результаты расчета целевой функции для выбора оптимального варианта реконструкции и модернизации оросительной системы

Вариант	Содержание варианта	Водообеспеченность оросительной системы, P_q	КПД оросительной сети, η	Капитальные затраты, K , руб.	Приведенные затраты, \bar{Z} , руб.	Прибыль от орошения, $R_{ор}$, руб.	Целевая функция, C_f , руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
Пример 1							
Вариант I	Комплексная реконструкция	1,0	0,85	$1,71 \cdot 10^8$	$2,73 \cdot 10^7$	$9,67 \cdot 10^7$	$12,5 \cdot 10^9$
Вариант II	Частичная реконструкция	0,85	0,75	$6,83 \cdot 10^7$	$1,19 \cdot 10^7$	$9,67 \cdot 10^7$	$19,9 \cdot 10^9$
Вариант III	Модернизация	0,65	0,65	$3,42 \cdot 10^7$	$6,83 \cdot 10^6$	$9,67 \cdot 10^7$	$27,4 \cdot 10^9$
Вариант IV	Капитальный ремонт	0,60	0,75	$5,12 \cdot 10^7$	$2,46 \cdot 10^6$	$9,67 \cdot 10^7$	$19,7 \cdot 10^9$
Пример 2							
Вариант I	Комплексная реконструкция	0,90	0,83	$1,28 \cdot 10^8$	$2,09 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^8$	$13,3 \cdot 10^9$
Вариант II	Частичная реконструкция	0,89	0,82	$8,54 \cdot 10^7$	$1,45 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^8$	$14,6 \cdot 10^9$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант III	Модернизация	0,70	0,70	$4,20 \cdot 10^7$	$8,01 \cdot 10^6$	$1,20 \cdot 10^8$	$23,9 \cdot 10^9$
Вариант IV	Капитальный ремонт	0,75	0,75	$5,98 \cdot 10^7$	$2,60 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^8$	$19,7 \cdot 10^9$

Примечание: наиболее целесообразный вариант по минимуму целевой функции выделен зеленым цветом.

Заключение

1. В статье разработана методика выбора вариантов комплексной или частичной реконструкции и модернизации оросительных систем. Для выбора оптимального варианта используется экономико-математическая модель, основанная на составлении целевой функции, учитывающей технические и стоимостные показатели, а также вероятностные факторы. При этом, оптимальный вариант выбирается путем минимизации целевой функции приведенных затрат.

2. Общая схема алгоритма компьютерного расчета для каждого варианта реконструкции оросительной системы включает: исходные данные, расчеты приведенных затрат и прибыли от орошения, расчет стоимости потерянной воды и определения коэффициента дисконтирования.

3. Выполнены примеры расчета для четырех вариантов реконструкции или модернизации оросительных систем, на основании которых получены оптимальные варианты, соответствующие комплексной реконструкции: $C_{f_1} = 12,5 \cdot 10^9$ руб. и $C_{f_2} = 13,28 \cdot 10^9$ руб. При этом для второго примера целевая функция оказалась близкой к варианту частичной реконструкции с целевой функцией $C_{f_2} = 14,63 \cdot 10^9$.