

УДК 631.6

Р. А. Мурадов

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ПЛАНИРОВКА ЗЕМЕЛЬ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

Одним из приемов, способствующих равномерному увлажнению орошаемого поля, а также снижению поливной и оросительных норм, является планировка. Применяемые ныне методы проектирования и технология планировки не учитывают просадочность почвогрунтов. Автором разработана методика составления проектов капитальной планировки на орошаемых землях с учетом просадки почвогрунтов и минимизации объемов земляных работ при различной конфигурации орошаемого поля. На основе разработанной методики усовершенствована технология производства планировки. На территории фермерского хозяйства «Азамат тажрибакор» ассоциации водопользователей «Янгиабод» Сырдарьинской области были апробированы три способа проведения планировки: 1) пахота, лазерная планировка, засыпка и срезка почвогрунтов, диагональная планировка; 2) глубокое рыхление по диагонали поля, лазерная планировка, рыхление по противоположной диагонали, корректирующая планировка; 3) пахота, лазерная планировка, глубокое рыхление по диагонали, корректирующая планировка, рыхление по противоположной диагонали. В результате анализа технико-экономических показателей установлено, что наиболее эффективным оказался второй способ планировки. Разработанная и рекомендуемая автором методика составления проектов капитальной планировки дает сокращение в затратах рабочего времени проектировщиков в 4-6 раз, а технология ее исполнения снижает объемы дополнительных земляных работ до 15 %. Полевые исследования показали, что на землях, получивших капитальную планировку поверхности, резко снижаются потери оросительной воды, а коэффициент полезного использования воды повышается на 20-40 %.

Ключевые слова: лазерная планировка, просадка почвогрунтов, урожайность, технология, оросительная вода.

R. A. Muradov

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Uzbekistan

LAND GRADING AT SUBSIDENCE SOILS

Land grading is one of the technique facilitating to even moisturizing of irrigated field and decreasing irrigation rates. Modern applied design methods and technologies of land grading don't account the subsidence of soil. The author has developed the technique for capital land grading at irrigated lands taking into account the soil subsidence and minimizing the volumes of earth works for different patterns of irrigated fields. On the base of developed technique the technology for land grading was improved. At the territory of the farm "Azamat tazhribakor" of the association of water users "Yangiabad" of the Syrdarya region three techniques for land grading were tested: 1) tillage, lazer land grading, filling, and cutting of soil, diagonal land grading; 2) deep subsoiling on diagonal of a field, lazer land grading, loosening on the opposite diagonal of a field, correcting land grading; 3) tillage, lazer land grading, deep subsoiling on the diagonal of the field, correcting land grading, loosening on the opposite diagonal of a field. As a result of analysis of technical and economic indicators, it was established that the second technique for land grading was the most effective. The developed technique for design of capital land grading provides reducing of the working time of designers in 4-6 times, and technology of its performance decreases the volumes of additional earth works

up to 15 %. The field study shows that at the lands, where capital land grading were done, the loss of irrigation water decreases and coefficient of water-use efficiency increases by 20-40 %.

Keywords: lazer land grading, soil subsidence, crop yield, technology, irrigation water.

В настоящее время при проектировании планировочных работ проектные отметки поверхности карт назначаются независимо от степени подверженности грунтов просадкам. Поэтому исследования автора были посвящены решению данной проблемы. Планировка поливных участков способствует снижению поливных норм; улучшению условий проведения и автоматизации полива; облегчению задачи оптимального расположения борозд и временных оросителей; созданию условий для применения высокой механизации сельскохозяйственных работ, а также повышению урожайности. Ныне в практике применяются три вида планировки поверхности орошаемой площади: горизонтальная, топографическая и наклонная.

Горизонтальная планировка поверхности орошаемых земель чаще всего применяется на рисовых массивах и мелком лиманном орошении.

При топографической планировке поверхность минимально подвергается нарушениям, сохраняется уклон и криволинейный профиль участка. Исправления касаются исключительно микрорельефа, тогда как основной рельеф поля, как правило, не затрагивается планировочными работами.

Переход на высшую ступень организации сельскохозяйственного производства с более высоким уровнем технической базы и более совершенной формой организации труда и эксплуатации орошаемых земель требует обширного внедрения третьего вида планировки, т. е. наклонного.

Имеются ряд методик по проектированию и реализации наклонной поверхности на орошаемом поле [1-6].

Впервые проектирование под наклонную поверхность было изложено В. Н. Мартенсоном [1]. В основе составления проекта планировки по этому методу лежит определение общего уклона поверхности по длине и по ширине планируемой поверхности, которые определяются по ровности

крайних отметок по створам продольного и поперечного направлений. Эта наклонная плоскость не дает сразу баланса объемов грунта по срезке и насыпи, т. к. при определении уклонов продольного и поперечного направлений не учитываются промежуточные отметки естественной поверхности. В дальнейшем баланс объемов земляных масс дополняется дополнительными расчетами и корректировкой проектной поверхности.

Метод проектирования рельефа под линейную поверхность был разработан А. Н. Ляпиным [2]. Проектировщик предварительно изучает естественный рельеф планируемого участка по топографическому плану и назначает границы делянок, которые будут спланированы под линейную поверхность. Границы этих делянок назначаются так, чтобы они приспособились к основным формам естественного рельефа. Процесс составления проектов планировки рельефа этим методом сопровождается громоздкими арифметическими расчетами, а теоретическая основа данного метода имеет много условностей и неприменима для ЭВМ.

Предлагаемые Р. Х. Базаровым [3] методики проектирования поверхности поливного участка под наклонную плоскость дают возможность разбивать участок на несколько самостоятельных делянок, сопрягающихся между собой и имеющих свою проектную поверхность сравнения. Назначение проектной поверхности участка (делянки) при любом методе проектирования производится в увязке с отметками горизонта воды в оросителе, т. е. на 5-10 см ниже. Данные методики позволяют назначать уклоны воды с учетом минимизации земляных работ, с оптимальными гидравлическими параметрами ирригационной сети, а также при различной конфигурации поливного участка.

Однако в методе планировки Р. Х. Базарова не учитывается устойчивость плоскости ввиду просадки почвогрунтов на фоне минимизации земляных работ, что весьма важно в условиях переходного периода. При проектировании по методике ФАО [7] также не учитывается просадочность

почвогрунтов.

Важно отметить, что в разработанных выше методиках не учитываются вопросы просадки почвогрунтов и минимизации объемов земляных работ при различной конфигурации орошаемого поля. Поэтому исследования автора были посвящены решению данной проблемы.

Просадочность грунтов оказывает огромное влияние на качество планировочных работ, поэтому на стадии проектирования важно учесть данный феномен (рисунок 1).

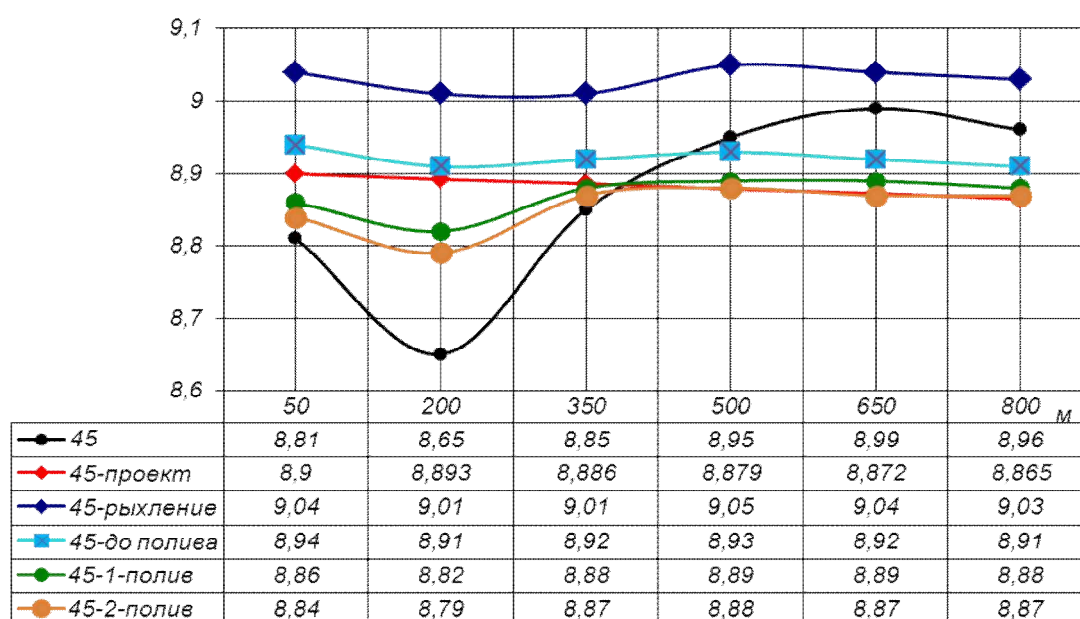


Рисунок 1 – Динамика изменения уровня земли

Согласно данному рисунку, как показало контрольное нивелирование ранее спланированной поверхности, в результате просадок проектные отметки поверхности орошаемых полей в зонах насыпи значительно снижены, тогда как в зонах срезки происходит незначительное выпучивание. К примеру, на площадях подсыпок грунта просадки составляли 10-15 см, а на контурах срезов наблюдались выпучивания на 2-5 см. Наряду с этим первоначальные проектные отметки оросительных каналов оказались несколько завышенными, так как не учитывались просадочные явления выровненного поля. Расчеты показали, что пренебрежение просадочными явлениями при проектировании планировки земель (особенно капитальной)

приводит к необходимости проведения в конце вегетационного периода повторной планировки со средним объемом 180-220 м³/га.

Автором была разработана методика составления проектов капитальной планировки на орошаемых землях, состоящая из следующих шагов:

- определяется сумма существующих отметок квадратов всего планируемого участка:

$$\sum h_{ij} = A;$$

- устанавливается средняя отметка поверхности планируемого участка:

$$\bar{h} = \frac{A}{N};$$

- определяется координата центра поля, на которой должна располагаться средняя отметка поверхности планируемого участка:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i k_i F_i}{\sum k_i F_i},$$

где x_i и y_i – номера столбцов и рядов относительно координатной сети;

F_i – площадь командования;

$k_i = w_i / w$ – коэффициент целостности рассматриваемой площади командования;

- путем проведения прямой через центр поля параллельно оси ординат рассматриваемая делянка делится на два участка, где определяются их средняя отметка и местоположение:

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \bar{y}_1 = \frac{\sum y_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \frac{\sum h_{ij}}{n_1} = S_1.$$

И соответственно:

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum x_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \bar{y}_2 = \frac{\sum y_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \frac{\sum h_{ij}}{n_2} = S_2,$$

где n_1, n_2 – количество отметок (точек) на рассматриваемом участке.

Производится проверка расчетов $\overline{x_1} \approx \overline{x_2}$, и определяется уклон по оси y :

$$i_y = \frac{S_1 - S_2}{y_1 + y_2};$$

- путем проведения прямой через центр поля параллельно оси абсцисс рассматриваемая делянка делится на два участка, на которых также определяются их средняя отметка и местоположение:

$$\overline{x_1}' = \frac{\sum x_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \overline{y_1}' = \frac{\sum y_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \frac{\sum h_{ij}}{m_1} = S_1'.$$

И соответственно:

$$\overline{x_2}' = \frac{\sum x_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \overline{y_2}' = \frac{\sum y_i k_i F_i}{\sum k_i F_i}; \quad \frac{\sum h_{ij}}{m_2} = S_2',$$

где m_1, m_2 – количество отметок (точек) на рассматриваемом участке.

Производится проверка расчетов $\overline{y_1}' \approx \overline{y_2}'$, и находится уклон по оси x :

$$i_x = \frac{S_1' - S_2'}{\overline{y_1}' + \overline{y_2}'};$$

- определение маячных проектных отметок планируемой делянки позволяет провести плоскость, дающую минимум работы по срезке и насыпи, т. к. она как бы копирует естественную поверхность планируемой площади:

$$\begin{vmatrix} x - \overline{x} & y - \overline{y} & z - \overline{h} \\ \overline{x_1} - \overline{x} & \overline{y_1} - \overline{y} & \overline{h_1} - \overline{h} \\ \overline{x_2} - \overline{x} & \overline{y_2} - \overline{y} & \overline{h_2} - \overline{h} \end{vmatrix} = Ax + By + Cz + D.$$

Данная маячная плоскость не учитывает объемы усадки и выпучивания грунтов, поэтому необходимо внести коэффициент, учитывающий разницу изменения плотности грунта:

$$K_r = \frac{\rho_1 - \overline{\rho}}{\overline{\rho}},$$

где ρ_1 , $\bar{\rho}$ – существующая и начальная средняя плотности грунта, кг/м³;

- определим приращение к маячной плоскости с учетом просадочности или выпучивания почвогрунтов по следующей зависимости:

$$\Delta h_{\text{пр}} = h_p K_{\Gamma} = h_p \left(\frac{\rho_1 - \bar{\rho}}{\bar{\rho}} \right).$$

Последняя зависимость (формула), полученная автором, рекомендуется для проектирования планировки поливных участков под наклонную плоскость, имеющих любую конфигурацию, с учетом просадочности (выпучивания) почвогрунтов.

Данная методика позволяет точно определить величину приращения для каждой из точек при применении компьютеров и соответствующего программного обеспечения, но реализация данной методики несколько усложнена ввиду неприспособленности лазерного оборудования и большого объема ручного труда. Поэтому следующим этапом исследований являлось на основе разработанной методики совершенствовать технологию планировки.

Корни из среды своего обитания поглощают воду и другие питательные вещества: азот, калий, магний, фосфор, железо и др. элементы, способствующие формированию строения растения и его плодоношению. Поэтому создание необходимых условий для развития корневой системы играет важную роль в получении высоких урожаев. Анализ работ по проведению лазерной планировки в зарубежных источниках показывает необходимость проведения наряду с планировкой глубокого рыхления.

В рамках проекта ПРООН LRF001961 «Содействие повышению потенциала Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель» на территории фермерского хозяйства «Азамат тажрибакор» ассоциации водопользователей «Янгиабод» Сырдарьинской области были апробированы следующие технологии (таблица 1).

Таблица 1 – Перечень технологий, примененных на демонстративном поле

Способы проведения планировки	Удельная стоимость работ, долл./га	Преимущество	Недостатки
1 Пахота, лазерная планировка земель, засыпка и срезка почвогрунтов, диагональная планировка	460	Относительно высокая точность при формировании проектной плоскости	Большой объем ручного труда и неприспособленность лазерных установок для широко применения данного способа, низкая производительность
2 Глубокое рыхление по диагонали поля, лазерная планировка, второе рыхление по противоположной диагонали, корректирующая планировка	348	Высокоэффективное применение машин и относительная дешевизна работ	Относительно низкое качество планировочных работ по сравнению с 1 и 3 способом
3 Пахота, лазерная планировка земель, глубокое рыхление по диагонали, корректирующая планировка, второе рыхление по противоположной диагонали	370	Высокоэффективное применение машин и относительная дешевизна работ	Относительно высокая цена по сравнению со 2 способом

Согласно таблице 1, в условиях переходного периода наиболее эффективным оказался второй способ. При проведении первого глубокого рыхления глубина погружения рыхлителя устанавливается как:

$$H_{pl} = (1,05 - 1,1) h_{\max}^{\text{сп}}. \quad (1)$$

Максимальная глубина срезки $h_{\max}^{\text{сп}}$ определяется из карты работ. Для снижения расхода горюче-смазочных материалов и износа техники можно назначить несколько глубин рыхления согласно карте земляных работ планируемого участка.

Назначение глубины рыхления по формуле (1) позволяет обеспечить равномерную плотность почвогрунта по всей глубине срезки на планируемом поле. Нижеприведенная таблица (таблица 2) показывает распределение плотности по глубине до и после проведения глубокого рыхления. Анализ таблицы указывает на то, что после проведения глубокого рыхления происходит выравнивание плотности почвогрунта по всей глубине.

Таблица 2 – Динамика плотности почвогрунтов до и после рыхления
В т/м³

Вариант	Глубина, см								
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-50
До рыхления	1,34	1,32	1,42	1,52	1,65	1,59	1,41	1,44	1,45
После первого рыхления	1,35	1,35	1,39	1,42	1,43	1,43	1,41	1,42	1,41

При проведении второго рыхления по противоположной диагонали глубина погружения рыхлителя определяется:

$$H_{p2} = (1,05 \dots 1,1) h_{\max}^{\text{нас}}.$$

Установка рыхлителя на глубину H_{p2} позволяет создать однородный слой почвы для последующей корректирующей планировки. Результаты опытов по изменению плотности после лазерной планировки и второго рыхления по диагонали приводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика плотности почвогрунтов до и после второго рыхления

Вариант	Глубина, см								
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-50
После лазерной планировки	1,44	1,43	1,45	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,42
После второго рыхления	1,38	1,37	1,38	1,41	1,41	1,42	1,39	1,39	1,38
После корректирующей лазерной планировки	1,39	1,39	1,39	1,40	1,40	1,41	1,40	1,41	1,40

Анализ таблицы 3 указывает на стабилизацию плотности по глубине, которая после корректирующей лазерной планировки варьирует в пределах 1,37-1,42 т/м³.

Изменение уровня земли при соблюдении усовершенствованной методики планировки земель приводится на рисунке 3.

Сравнение данной диаграммы с рисунком 1 показывает, что:

- формирование плоскости без учета просадочных свойств грунта приводит к некачественной планировке земель. Поэтому разработанная автором методика позволяет сформировать «зеркальное» отображение поверхности земли, способствующее равномерному уплотнению грунта по-

сле проведения глубокого рыхления;

- проведение планировочных работ в осенний период способствует как промывке почвогрунтов, так и их уплотнению. Т. е. к первому поливу плотность грунтов составляет 65-80 % средней плотности пахотного слоя;

- первый полив способствует уплотнению грунта до 85-95 % средней плотности пахотного слоя, а после второго данный процесс существенно замедляется.

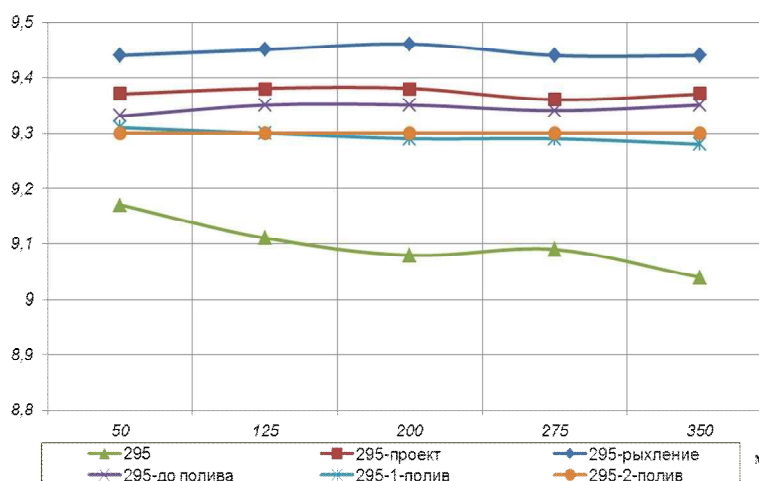


Рисунок 3 – Динамика профиля № 295

Результаты опытов до проведения лазерной планировки (2009 г.) и после нее (2011 г.) приводятся в таблице 4.

Анализ вложения капитальных средств при планировке и глубоком рыхлении показал, что наилучшим является метод с применением глубокого рыхления на 60 см.

Проведенные исследования и сравнение их с разнообразными методами проектирования и реализации планировочных работ позволяют сделать следующие выводы:

- ныне проектные отметки поверхности рисовых карт назначаются независимо от степени подверженности грунтов просадкам. В результате поливов на орошаемом поле происходят просадочные явления в грунтах, которые существенно нарушают качество проведенной планировки земель и поэтому требуют повторного проведения планировки;

Таблица 4 – Результаты опытов по определению оптимальной глубины рыхления

Агротехнические мероприятия	2009 г.		Всего	Лазерная планировка, 2011 г.					
				Традиционная технология (30 см)		Глубокое рыхление (60 см)		Глубокое рыхление (90 см)	
	12,8 га	1 га		5,0 га	1 га	5,3 га	1 га	5,3 га	1 га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дисковая пахота									
Расходы ГСМ на 1-ый проход, л	-	-		60,0	9,5	58,0	9,7	64,0	9,9
Время на 1-ый проход, ч	-	-		3,5	0,6	3,0	0,5	3,5	0,5
Расходы ГСМ на 2-ой проход, л	-	-		56,0	8,9	54,0	9,0	58,0	8,9
Время на 2-ой проход, ч	-	-		2,8	0,4	2,8	0,5	3,0	0,5
Грубая планировка									
Расходы ГСМ, л	185,0	12,5		-	-	-	-	-	-
Время, ч	38,0	3,6		-	-	-	-	-	-
Лазерная планировка									
Расходы ГСМ, л	-	-		1385,0	219,8	1330,0	221,7	1435,0	220,8
Время, ч	-	-		71,8	11,4	68,4	11,4	74,8	11,5
Нивелировка поля									
Время, ч				0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1
Внесение минеральных и органических удобрений									
Расходы ГСМ, л	-	-		16,4	2,6	15,2	2,5	17,4	2,7
Время, ч	-	-		3,3	0,5	3,2	0,5	3,5	0,5
Глубокое рыхление									
Расходы ГСМ, л	-	-		-	-	180,0	30,0	250,0	38,5
Время, ч	-	-		-	-	4,5	0,8	5,9	0,9

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полив									
Количество, шт.				2,0		2,0		2,0	
Время, сут	7-8			1,0		1,0		1,0	
Урожайность, ц/га		9,9	31,4		25,0		36,8		32,3
Всего собрано, т	12,7		49,0	12,5		19,4		17,1	
Экономические показатели									
Доход, тыс. сум	5449,0	425,7	36260,0	9250,0	1850,0	14356,0	2708,7	12654,0	2387,5
В долларах США	3644,8	284,7	20542,4	5240,4	1048,1	8133,1	1534,5	7168,9	1352,6
Всего расходов, в долларах США			6233,0	1860,0	372,0	2094,0	395,0	2279,0	430,0
Относительные расходы на лазерную планировку и глубокое рыхление в год, в долларах США			1246,6	372,0	74,4	418,8	79,0	455,8	86,0
Другие расходы на производство хлопка-сырца (согласно справке), тыс. сум	10301,3	804,8	29200,8	9359,2	1871,8	9920,8	1871,8	9920,8	1871,8
В долларах	6890,5	538,3	16543,1	5302,3	1060,5	5620,4	1060,5	5620,4	1060,5
Прибыль в долларах США	– 3245,7	– 253,6	2752,7	– 433,9	– 86,8	2093,9	395,1	1092,6	206,2
Рентабельность инвестиций, %			0,15	– 0,08		0,35		0,18	
Время окупаемости, лет			6,5			2,9		5,6	

- разработанная и рекомендуемая автором методика составления проектов капитальной планировки дает сокращение в затратах рабочего времени проектировщиков в 4-6 раз, а технология ее исполнения снижает объемы дополнительных земляных работ до 15 %. Полевые исследования показали, что на землях, получивших капитальную планировку поверхности, резко снижаются потери оросительной воды, а коэффициент полезного использования воды повышается на 20-40 %. При реконструкции оросительных систем и освоении новых земель в сложных рельефных условиях большое внимание необходимо уделять размеру и форме поливных участков. Площадь и форма поливных участков должны обеспечивать высокую производительность сельскохозяйственных машин и труда поливальщиков, равномерность увлажнения почвы и экономное расходование оросительной воды.

Список использованных источников

- 1 Опыт проведения планировочных работ в Азербайджане: отчет о НИР / АзНИИСХ. – Баку, 1982. – 135 с.
- 2 Ляпин, А. Н. Временная инструкция по составлению внутрихозяйственного плана водопользования / А. Н. Ляпин // Труды САНИИРИ. – Ташкент, 1938. – Вып. 45. – С. 36.
- 3 Базаров, Р. Х. Исследование и совершенствование внутрихозяйственной оросительной системы в мезорельефных регионах Чирчик-Ахангаранской долины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Базаров Р. Х. – Ташкент, 1980. – 25 с.
- 4 Батраков, Ю. Г. Планировка орошаемых земель / Ю. Г. Батраков, И. А. Дзядевич. – М., 1964. – 54 с.
- 5 Газиев, Х. К. Планировка орошаемых земель при переходе на новую систему орошения / Х. К. Газиев. – Фрунзе, 1955. – 143 с.
- 6 Вавилов, А. Н. К вопросу проектирования планировки орошаемых полей / А. Н. Вавилов, С. М. Кривовяз // Труды САНИИРИ. – Ташкент, 1969. – Вып. 84. – С. 145-164.
- 7 Food and Agriculture Organization of the United Nations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.fao.org/laser-leveling_manual/part2.pdf.

Мурадов Рустам Анварович – кандидат технических наук, доцент, доцент, Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан.
Контактный телефон: + (998) 71 237 19 26.
E-mail: ramuradov@gmail.com

Muradov Rustam Anvarovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Uzbekistan.
Contact telephone number: + (998) 71 237 19 26.
E-mail: ramuradov@gmail.com