

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОЖДЕВАНИЯ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ
МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАВОЗНЫХ СТОКОВ
СВИНОКОМПЛЕКСОВ**

В. И. ЖЕЛЯЗКО

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 19.01.2018)

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по изучению качества дождевания на мелиоративных системах, на которых проводится орошение стоками свиноводческих комплексов. Показано снижение качества дождевания в зависимости от скорости ветра. Выполнены расчеты коэффициентов эффективного полива для различных агроклиматических зон Беларуси. Приведены принципиальные схемы усовершенствованных дождевальных аппаратов.

При дождевании стоками свиноводческих комплексов особые требования предъявляются к качеству полива. Качественный полив сельскохозяйственных угодий принято рассматривать с двух позиций. С одной стороны, это регулирование водного режима почвы в соответствии с требованиями растений путем проведения своевременных поливов необходимыми нормами. Во-вторых, это равномерное увлажнение орошаемой площади такими нормами и интенсивностью дождя, при которых на поверхности почвы не наблюдаются лужи и сток, не повреждаются растения и почва, а потери на испарение минимальные.

Ключевые слова: *качество дождевания, орошение, мелиоративные системы, навозные стоки.*

The article presents results of experimental studies on the quality of sprinkling at reclamation systems in which irrigation is carried out by sewage of pig-breeding complexes. We have shown a decrease in the quality of sprinkling depending on the wind speed. The coefficients of effective irrigation for various agroclimatic zones of Belarus have been calculated. Basic diagrams of improved sprinklers have been given.

When sprinkling with sewage of pig-breeding complexes, special requirements are imposed on the quality of irrigation. Qualitative watering of agricultural land is considered from two positions. On the one hand, this is the regulation of water regime of the soil in accordance with the requirements of plants by conducting timely irrigation with necessary rates. Secondly, this is uniform moistening of irrigated area with such norms and intensity of rain, in which no puddles and runoff are observed on the soil surface, plants and soil are not damaged, and evaporation losses are minimal.

Key words: *irrigation quality, irrigation, meliorative systems, manure sewage.*

Введение

Одним из основных условий качественного дождевания без образования поверхностного стока является соответствие его интенсивности впитывающей способности почвы. Результаты исследований [1, 2, 3] свидетельствуют, что при поливе навозными стоками животноводческих комплексов впитывающая способность почвы снижается в 1,5–3,0 раза по сравнению с поливом природной водой. Навозные стоки животноводческих комплексов по своим физико-механическим свойствам отличаются от природной воды. Они содержат значительное количество сухого вещества, которое оказывает коагулирующее действие на почву, снижая ее водопроницаемость.

Основная часть

Кроме того, важным показателем качественного дождевания является равномерность распределения дождя по площади полива, которая при использовании навозных стоков определяется не только метеоусловиями, но и содержанием в стоках сухого вещества [4, 5].

Поэтому были проведены опыты по влиянию ветра и концентрации сухого вещества навозных стоков на равномерность распределения дождя по площади полива. Для этого возможная площадь захвата дождем была разбита продольными и поперечными рядами дождемеров на квадраты со стороной 5 м. Продолжительность каждого опыта составляла в среднем 60 мин. Скорость ветра в процессе опытов определялась на высоте 2 метра через каждые 10 мин. Содержание сухого вещества в стоках устанавливалось по окончании дождевания путем отбора средних проб из дождемеров. Радиусы полива и площадь захвата дождем определялись графически по средней интенсивности.

На рис. 1а показано изменение радиуса полива в зависимости от скорости ветра и концентрации в стоках сухого вещества, полученное путем проведения экспериментальных исследований в

производственных условиях. Анализ полученных результатов показывает, что радиус и площадь полива зависят от силы ветра и концентрации сухого вещества в навозных стоках. При небольших скоростях ветра (средние значения 0,5 м/с) политая площадь имеет форму окружности как при дождевании природной водой, так и животноводческими стоками.

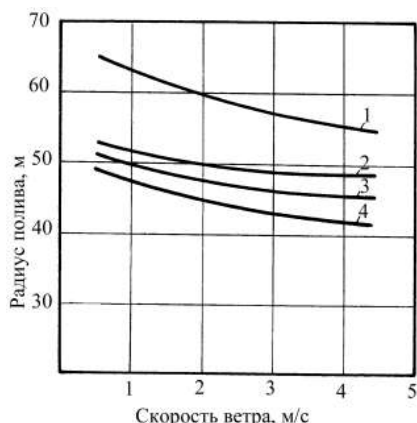


Рис.1а. Изменение среднего радиуса полива в зависимости от скорости ветра при дождевании природной водой (1) и навозными стоками (2, 3, 4 с содержанием сухого вещества 1, 2, 3 %)

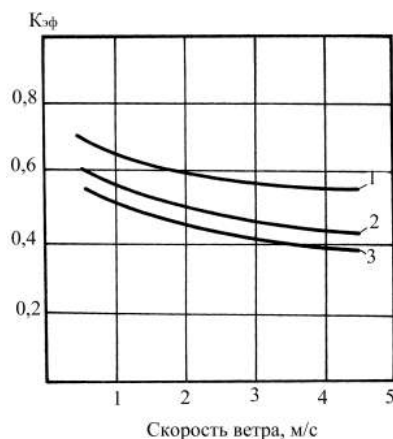


Рис.1б. Изменение коэффициентов эффективного полива в зависимости от скорости ветра при дождевании навозными стоками с содержанием сухого вещества: 1 – 1 %, 2 – 2 %, 3 – 3 %

С увеличением скорости ветра площадь орошения приобретает форму эллипса с асимметрией по продольной и поперечной осям.

Полное представление о равномерности распределения дождя по площади дают коэффициенты равномерности полива, которые представляют отношение среднего слоя дождя на всей площади полива к максимальному значению осадков на определенной части этой площади. Определение коэффициентов эффективного, недостаточного и избыточного полива проведено по данным экспериментальных исследований среднего слоя осадков и построения гистограмм распределения этого слоя. Результаты обработки опытных данных для наглядности представлены на рис. 2.

Анализ приведенных данных свидетельствует, что равномерность полива определяется ветровым режимом района орошения и, кроме того, содержанием взвешенных веществ в навозных стоках. Например, при средней скорости 0,4–0,6 м/с коэффициент эффективного полива колеблется в пределах 0,72–0,54. При этом наибольшее значение соответствует дождеванию водой, а наименьшее – максимальному содержанию сухого вещества при дождевании навозными стоками. С увеличением скорости ветра в среднем до 2,3–2,5 м/с неравномерность распределения дождя возрастает, о чем свидетельствуют меньшие значения коэффициентов эффективности полива, составляющие при дождевании природной водой 0,5 и стоками свинокомплексов в зависимости от содержания сухого вещества в них 0,56–0,41.

Наиболее неблагоприятные условия отмечены при средних значениях скорости ветра более 3,5 м/с, когда качество дождевания определялось весьма низкими значениями коэффициентов эффективного полива (0,45–0,38).

Значения среднего минутного слоя дождя в проведенных опытах колебались в пределах 0,10–0,23 мм/мин, а изменчивость их по площади, определяемая коэффициентом вариации, составляла 33,2–67,7 %. Причем вариация средних значений интенсивности по площади полива в большей степени определяется скоростью ветра. В результате регрессионного анализа получены уравнения, характеризующие связь коэффициентов эффективного полива со скоростью ветра при дождевании водой, стоками свинокомплекса при совместном учете силы ветра и концентрации сухого вещества. Кроме того, обработка полученных результатов позволила получить уравнение связи коэффициентов эффективного полива при дождевании водой и этих же коэффициентов при дождевании навозными стоками.

$$K_{эф}^c = K_{эф}^B \cdot 0,85 \cdot V^{-0,15} \cdot C_n^{-0,04} \quad (1)$$

где $K_{эф}^c$ – коэффициент эффективного полива при дождевании стоками свинокомплекса; $K_{эф}^B$ – тоже при дождевании водой; V – скорость ветра, м/с; C_n – содержание сухого вещества.

Рассчитанные с использованием зависимости (1) средние значения коэффициентов эффективного полива за оросительный период при дождевании дальнеструйными аппаратами для некоторых опорных метеостанций Республики Беларусь приведены в таблице

Средние значения коэффициентов эффективного полива при дождевании стоками свиноводческих комплексов в различные часы суток

Агроклиматическая зона	Время суток, ч.	Средняя скорость ветра, м/с	Концентрация сухого вещества в стоках, %			
			0,5	1,0	2,0	3,0
Северная	1	2,5	0,55	0,49	0,44	0,41
	7	3,5	0,50	0,45	0,41	0,37
	13	5,2	0,43	0,39	0,35	0,32
	19	3,2	0,51	0,47	0,42	0,38
Центральная	1	2,8	0,53	0,49	0,44	0,40
	7	3,5	0,50	0,45	0,41	0,37
	13	5,2	0,43	0,39	0,35	0,32
	19	3,5	0,50	0,45	0,41	0,37
Южная	1	2,0	0,57	0,52	0,47	0,43
	7	2,9	0,53	0,48	0,44	0,39
	13	4,4	0,46	0,42	0,38	0,34
	19	2,7	0,54	0,49	0,44	0,40

Из приведенных данных следует, что значения Ксэф изменяются в значительных пределах. При этом для большинства рассмотренных опорных метеостанций, максимального значения коэффициент эффективности достигает в вечерние, ночные и утренние часы, которые характеризуются небольшими скоростями ветра, а минимального – в дневное время. Изменения Ксэф в зависимости от географического положения объекта орошения менее выражены и определяются средними значениями скоростей ветра в определенные часы суток.

Анализ ветрового режима на территории Беларуси свидетельствует о том, что на большей ее части в течение оросительного периода скорости ветра превышают значения, необходимые для обеспечения относительно равномерного распределения поливной воды в процессе дождевания.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что с целью обеспечения качественного полива допустимая средняя скорость ветра не должна превышать 1–2 м/с, при содержании в свиноводческих стоках не более 2 % сухого вещества.

Особое воздействие на качество полива оказывает в первую очередь равномерность распределения стоков по площади поля. При применении стоков в качестве поливной жидкости неравномерность полива приводит не только к недобору урожая, но и отрицательно влияет на качество сельскохозяйственной продукции, так как участки с избыточным поливом фактически орошаются нормой большей экологически допустимой. Основным фактором, влияющим на равномерность полива струйными дождевальными аппаратами (наиболее применимыми для полива стоками), является ветер.

Одним из направлений повышения равномерности полива при ветре является совершенствование конструкций дождевальных аппаратов, изменяющих на протяжении одного оборота характеристики своей работы.

В виду того, что под действием ветра происходит неравномерный снос поливной струи, который дифференцируется по диаметру капель и их энергетической характеристике. Капли малого диаметра частично сносятся и на подветренную сторону от аппарата даже при работе его против ветра. В результате при работе аппарата против ветра получается недополив как по площади, так и по слою дождя. при работе обычного струйного аппарата подветренная сторона поливается избыточно. В связи с этим были разработаны принципиальные схемы дождевальных аппаратов путем изменения следующих параметров их работы: регулирование скорости вращения дождевального аппарата; изменение угла наклона поливной струи к горизонту; регулирование расхода дождевального аппарата. В некоторых конструкциях предусмотрено одновременное изменение вышеперечисленных параметров.

Выбор конкретного конструктивного решения зависит от типа аппарата. Так, для аппаратов с механизмом поворота в виде коромысла с дефлектором, угловая скорость вращения аппарата, при прочих равных условиях, зависит от скорости колебания коромысла, т. е. от времени цикла. Для аппаратов этого типа время цикла в основном зависит от момента инерции коромысла (и установленных на нем конструктивных элементов) моментов сил, возникающих на дефлекторе, и от момента пружины. Рекомендуется изменять скорость вращения аппарата изменением момента

инерции коромысла путем установки на нем дополнительных подвижных элементов, удаляющихся или приближающихся к оси вращения коромысла. При этом используется квадратичный закон изменения момента инерции, а для перемещения подвижных элементов использована сила ветра, воздействующая на парус-датчик

Можно использовать два варианта исполнения такого дождевального аппарата. По первому варианту все подвижные конструктивные элементы механизма поворота одновременно приближаются к оси вращения коромысла или одновременно удаляются от нее (рис. 2). По второму варианту некоторые подвижные конструктивные элементы механизма поворота приближаются к оси вращения коромысла при одновременном удалении других подвижных конструктивных элементов от этой оси.

С точки зрения эффективности работы первый вариант исполнения дождевального аппарата более целесообразен, однако по конструктивному исполнению он более сложен по сравнению со вторым вариантом. Конструкция дождевального аппарата первого варианта исполнения показана на рис 2.

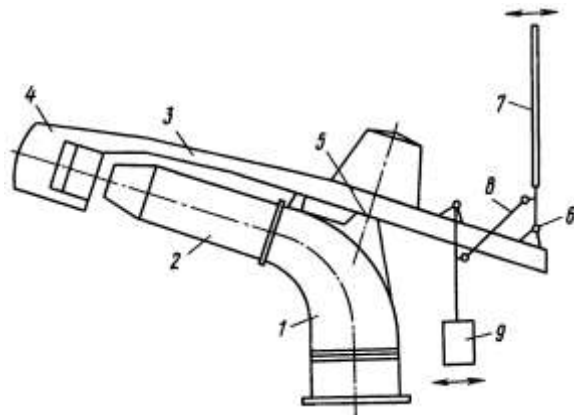


Рис. 2. Дождевальный аппарат с кинематической связью паруса-датчика и противовеса: 1 – корпус; 2 – ствол; 3 – коромысло; 4 – реактивная лопатка; 5 – ось вращения коромысла; 6 – шарнир; 7 – парус-датчик; 8 – тяга; 9 – противовес [6]

При воздействии ветра на парус-датчик 7 происходит отклонение его центра тяжести от оси 5 вращения коромысла. Одновременно тяга 8 отклоняет и противовес 9 от той же оси. Таким образом, происходит увеличение момента инерции системы парус-датчик–коромысло–противовес. Это в свою очередь замедляет скорость вращения аппарата и при работе против ветра выдается повышенная поливная норма. При работе по ветру момент инерции системы парус-датчик–коромысло–противовес уменьшается, скорость вращения аппарата увеличивается, что приводит к снижению поливной нормы. Этим частично компенсируется снос ветром искусственного дождя, причем положительный эффект достигается за счет различий в воздействии ветра на капли разной крупности.

Парус-датчик 7, обладая значительной рабочей поверхностью, будет работать как демпфер и гасить собственные колебания, образующиеся в результате воздействия инерционных сил, возникающих при движении коромысла 3.

Конструкцию можно существенно упростить, применив нижнее расположение паруса-датчика (рис. 3).

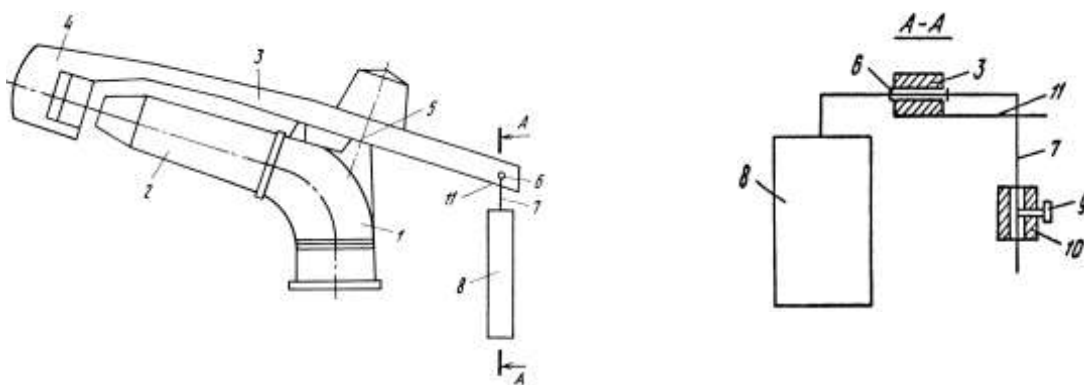


Рис. 3. Дождевальный аппарат с нижним расположением паруса-датчика: 1 – корпус; 2 – ствол; 3 – коромысло; 4 – реактивная лопатка; 5 – ось вращения коромысла; 6 – шарнир; 7 – изогнутая ось; 8 – парус-датчик; 9 – фиксирующий винт; 10 – противовес; 11 – ограничитель [7]

Принцип действия данного аппарата аналогичен предыдущему. Настройка аппарата осуществляется перемещением противовеса 10 по изогнутой оси 7. Несмотря на простоту конструкции эффективность ее работы несколько меньше за счет установки паруса-датчика на относительно небольшой высоте, а также частичного его «затенения» от ветра корпусом аппарата.

Для достижения наибольшего изменения скорости вращения дождевального аппарата с парусом-датчиком, совмещенным с регулировочным грузом при ориентировке его ствола вдоль направления ветра, парус-датчик устанавливается со смещением относительно вертикальной оси или со смещением от продольной оси коромысла в сторону, противоположную направлению вращения коромысла при выходе реактивной лопатки из струи поливной жидкости. В данной конструкции это достигается путем установки паруса-датчика на консоли .

В качестве упругого элемента возможно применение и спиральных пружин, имеющих большую надежность. Настройка дождевального аппарата данной конструкции осуществляется перестановкой пружины в гнездах. Дождевальная установка второго варианта исполнения показана на рис. 4.

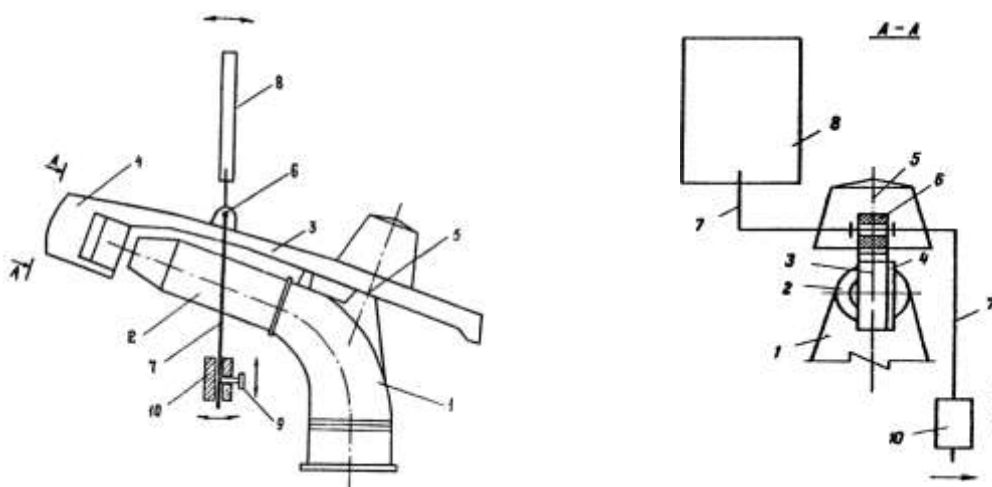


Рис. 4. Дождевальная установка с передним расположением паруса-датчика: 1 – корпус; 2 – ствол; 3 – коромысло; 4 – реактивная лопатка; 5 – ось вращения коромысла; 6 – шарнир; 7 – изогнутая ось; 8 – парус-датчик; 9 – фиксирующий винт; 10 – противовес [9]

Изменение момента инерции системы «парус-датчик–противовес–коромысло» в нужном направлении обеспечивается тем, что масса противовеса 10 значительно больше, чем масса паруса-датчика 8. Настройка аппарата осуществляется также перемещением противовеса 10 по изогнутой оси 7.

Более существенно качество полива при ветре можно повысить при изменении нескольких параметров работы аппарата, и прежде всего при изменении угла наклона поливной струи к горизонту, так как уменьшение этого угла при работе аппарата против ветра повышает дальность полета поливной струи.

Дождевальная установка с изменяемым режимом работы в зависимости от силы ветра работает с переменным расходом в струйном и частично дефлекторном режиме. Кроме того, в процессе полива изменяется геометрия поперечного сечения сопла аппарата, что также положительно сказывается на качестве полива. Это достигается тем, что сопло аппарата выполнено из двух частей, причем нижняя часть сопла закреплена шарнирно и кинематически связана с парусом-датчиком . При работе против ветра нижняя часть сопла опускается вниз. В результате этого уменьшается угол наклона струи к горизонту и увеличивается расход, так как увеличивается поперечное сечение сопла.

Вследствие того, что наружные боковые стенки сопла выполнены наклонными, раскрывается щель и часть поливной жидкости подается на дефлектор, отклоняясь вперед и в стороны и разбиваясь на капли. Это обеспечивает более равномерное распределение дождя вдоль радиуса полива. При работе по ветру струя поливной жидкости нижней частью сопла отклоняется вверх, а расход уменьшается за счет уменьшения площади поперечного сечения сопла. Для увеличения

равномерности полива при ветре возможно применение и другого сочетания мероприятий по изменению характеристик работы дождевального аппарата.

Дождевальный аппарат, у которого на протяжении одного оборота изменяется угловая скорость его вращения, расход и угол наклона поливной жидкости к горизонту, также снабжен программным механизмом (копировальным устройством), позволяющим изменять характеристики полива не только в зависимости от силы и направления ветра, но и в зависимости от других условий полива, например, для улучшения качества полива участков сложной конфигурации.

Конструктивной особенностью этого аппарата является наличие поворотного сопла, связанного жестко с парусом-датчиком. Кроме того, в сопле установлена втулка из упругого материала. Парус-датчик или копировальное устройство (или то и другое) отклоняет поворотное сопло, изменяя угол наклона поливной струи жидкости к горизонту. Одновременно изменяется расход аппарата за счет изменения площади поперечного сечения сопла, так как под воздействием диафрагмы деформируется втулка.

Скорость вращения аппарата изменяется за счет того, что при изменении угла наклона струи поливной жидкости изменяется глубина погружения лопастей турбинки 14 в поток жидкости, что приводит к изменению скорости ее вращения.

Заключение

Анализируя результаты проведенных исследований по совершенствованию полива дождеванием, следует отметить, что в результате сельскохозяйственного использования имеет место увеличение плотности почвы. Причем в большей степени она возрастает в верхнем 0–60-сантиметровом слое. Это приводит к ухудшению впитывающей способности почвы и образованию поверхностного стока, который является источником загрязнения природных вод. Поэтому для повышения качества полива необходимо увязывать интенсивность дождевальных установок с впитывающей способностью почвы. Этого можно достичь, применяя рыхление и другие специальные приемы обработки дернины, повышающие впитывающую способность на 15–20 % и более. Кроме того, в условиях дождевания животноводческими стоками следует отдавать предпочтение аппаратам и установкам, имеющим невысокую интенсивность.

На равномерность распределения поливной жидкости по поверхности поля оказывает влияние ветровой режим. При скоростях ветра 3,5 м/с и более коэффициенты эффективного полива не превышают 0,37–0,50 в зависимости от содержания сухого вещества в поливной жидкости. Это требует совершенствования дождевальных аппаратов путем внесения конструктивных изменений, согласно предложенным принципиальным схемам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов / В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 2003. – 168 с.
2. Желязко, В. И. Повышение качества орошения животноводческими стоками за счет совершенствования дождевальных устройств / В. И. Желязко, М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, А. С. Анженков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2003. – №4. – С. 46–49.
3. Желязко, В. И. Экспериментальное определение поливных норм при дождевании стоками свинокомплексов / В. И. Желязко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 17–18.
4. Желязко, В. И. Агротехническая характеристика дождевальной машины ДКН-80 при использовании животноводческих стоков / В. И. Желязко, В. И. Невдах // Сельскохозяйственные мелиорации и гидротехника: Сб. науч. трудов / БелСХА. – Горки, 1993. – С. 34–37.
5. Желязко, В. И. Эффективность рыхления дерново-подзолистых почв при утилизации животноводческих стоков / В. И. Желязко, В. И. Невдах, В. В. Копытовский // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию высшего мелиорат. образов. в Республике Беларусь. 4–5 июня 1999 г. – Горки, 1999. – С. 115–117.
6. Дождевальный аппарат: А.С. 1630691 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко. – 4498272/15; Заявл. 26.10.88; Опубл. 28.02.91, Бюл. № 8 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 8. – С.14.
7. Дождевальный аппарат: А.С. 1831988 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, О. А. Шавлинский, В. И. Желязко. – 4908476/15; Заявл. 11.02.91; Опубл. 07.02.93, Бюл. № 29 // Открытия. Изобретения. – 1993. – № 29. – С.6.
8. Дождевальный аппарат: А.С. 1702954 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко. – 4616741/15; Заявл. 04.11.88; Опубл. 07.01.92, Бюл. № 1 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 1. – С.14.
9. Дождевальный аппарат: А.С. 1771604 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский. – 4771080/15; Заявл. 19.12.89; Опубл. 30.10.92, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 40. – С.10.

10. Дождевальный аппарат для полива при ветре: А.С. 1512526 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 4357579/30–15; Заявл. 04.01.88; Опубл. 07.10.89, Бюл. № 37 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 37. – С.14.

11. Дождевальный аппарат: А.С. 1658914 СССР, А 01 G 25/02, В 05 В 1 1/28 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский, В. И. Вихров. – 4646388/15; Заявл. 04.01.89; Опубл. 30.06.91, Бюл. № 24 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 24. – С.15.