

ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Обзорная статья
УДК 631.347

Анализ систем автоматической синхронизации тележек в линию многоопорных дождевальных машин

Аркадий Павлович Васильченко¹, Александр Евгеньевич Шепелев²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹Var79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9556-4260>

²oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5941-3254>

Аннотация. Цель: анализ систем автоматической синхронизации тележек в линию многоопорных дождевальных машин. Обсуждение. Гидравлическая система автоматической синхронизации тележек в линию с использованием оросительной воды имеет недостаток в том, что элементы этой системы влияют на работу гидропривода только во время перемещения гидроцилиндра, в связи с чем сигналы от этой системы им не принимаются, и поэтому скорости движения гидроцилиндров тележек различны. Это приводит к неравномерному перемещению тележек, что в свою очередь ведет к перегрузкам элементов системы передвижения и ремонту самой машины. Система автоматической синхронизации тележек в линию с замкнутой гидросистемой громоздка и ненадежна, так как система труб с гидравлической жидкостью, подводимой к золотниковым клапанам, идет по всей машине под высоким давлением, срок службы золотникового клапана, подвергающегося постоянному трению, недолог. Электрическая система автоматической синхронизации тележек в линию является оптимальной, так как лишена недостатков, поэтому и используется на большинстве современных дождевальных машин. Выводы. Результаты анализа систем автоматической синхронизации тележек в линию дождевальных машин показали, что в настоящее время на многоопорных дождевальных машинах применяются следующие виды систем: гидравлическая система с использованием оросительной воды, система с замкнутой гидросистемой и электрическая система. Анализ систем автоматической синхронизации тележек в линию дождевальных машин показал, что требуется проведение дальнейших исследований, посвященных их совершенствованию.

Ключевые слова: многоопорная дождевальная машина, система автоматической синхронизации тележек в линию, клапан, тяга, рычаг

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на научно-практической конференции «Инновационные пути развития мелиоративных систем и сооружений» (г. Новочеркасск, 5 сентября 2023 г.).

Для цитирования: Васильченко А. П., Шепелев А. Е. Анализ систем автоматической синхронизации тележек в линию многоопорных дождевальных машин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 57–65.

INNOVATIVE WAYS OF DEVELOPING RECLAMATION SYSTEMS AND STRUCTURES

Review article

Analysis of automatic synchronization systems of bogies in a line of multi-support sprinklers



Arkadiy P. Vasilchenko¹, Alexander E. Shepelev²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹Vap79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9556-4260>

²oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5941-3254>

Abstract. Purpose: analysis of systems for automatic synchronization of bogies in line of multi-support sprinkler machines. **Discussion.** The hydraulic system for automatic synchronization of bogies into a line using irrigation water has the disadvantage that the elements of this system affect the operation of the hydraulic drive only during the movement of the hydraulic cylinder, and therefore they do not receive signals from this system, so the velocities of movement of the hydraulic cylinders of the bogies are different. This leads to the uneven movement of the bogies, which in turn leads to the overloading of the elements of the movement system and repairing of the machine itself. The system for automatic synchronization of bogies in line with a closed hydraulic system is cumbersome and unreliable, since the system of pipes with hydraulic fluid supplied to the spool valves runs throughout the machine under high pressure; the service life of the spool valve, which is subject to constant friction, is short. The electric system for automatic synchronization of bogies in a line is optimal, as it has no disadvantages, and therefore is used on most modern sprinklers. **Conclusions.** The results of the analysis of systems for automatic synchronization of bogies in a line of sprinklers showed that the following types of systems are currently used on multi-supply sprinklers: a hydraulic system using irrigation water, a system with a closed hydraulic system and an electrical system. An analysis of systems for automatic synchronization of bogies in a line of sprinkler machines showed that further research to improve them is required.

Keywords: multi-supply sprinkler, automatic synchronization system of bogies in line, valve, draft, lever

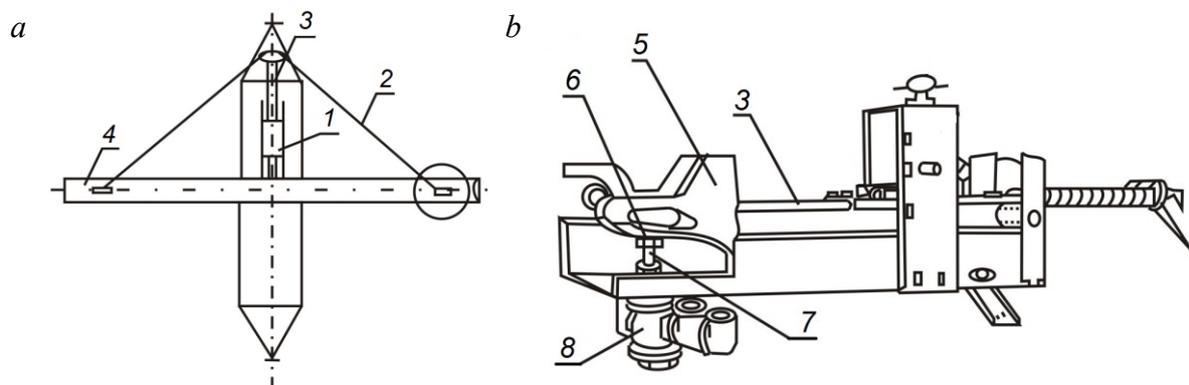
Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the scientific and practical conference “Innovative ways of developing reclamation systems and structures” (Novocherkassk, September 5, 2023).

For citation: Vasilchenko A. P., Shepelev A. E. Analysis of automatic synchronization systems of bogies in a line of multi-support sprinklers. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;91(3):57–65. (In Russ.).

Введение. При передвижении многоопорных дождевальных машин происходит опережение или отставание опорных тележек относительно друг друга, что приводит к деформациям напорного трубопровода, а иногда и его разрушению. В связи с этим на дождевальных машинах устанавливается система автоматической синхронизации тележек в линию, позволяющая восстанавливать прямолинейность напорного трубопровода.

Обсуждение. Анализ систем автоматической синхронизации тележек в линию показал, что на многоопорных дождевальных машинах используются следующие виды (в зависимости от их систем передвижения): гидравлическая система с использованием оросительной воды, система с замкнутой гидросистемой и электрическая система [1–5].

Гидравлическая система автоматической синхронизации тележек в линию с использованием оросительной воды представлена на рисунке 1.



a – общий вид системы; *b* – регулятор скорости; 1 – регулятор скорости; 2 – тяга; 3 – регулирующий стержень; 4 – водопроводящий трубопровод; 5 – нажимной рычаг; 6 – регулировочный болт; 7 – шток; 8 – регулирующий клапан
a – general view of the system; *b* – speed controller; 1 – speed controller; 2 – draft; 3 – control rod; 4 – water conducting pipeline; 5 – pressure lever; 6 – adjusting bolt; 7 – rod; 8 – control valve

Рисунок 1 – Гидравлическая система автоматической синхронизации тележек в линию с использованием оросительной воды

Figure 1 – Hydraulic automatic synchronization system of bogies in line using irrigation water

Данная система состоит из регуляторов скорости 1, устанавливаемых на всех тележках, кроме последней, и тяг 2, соединяющих регулирующие стержни 3 с крайними трубами водопроводящего трубопровода 4.

Регулятор скорости предназначен для автоматического регулирования скорости движения тележки в зависимости от скорости движения последней тележки, а также для поддержания автоматической синхронизации тележек в линию путем изменения скорости движения тележки, отклонившейся от этой линии [2–4].

Принцип регулирования заключается в изменении количества воды, подаваемой в гидроцилиндр тележки из водопроводящего трубопровода через регулирующий клапан 8, в зависимости от изгиба трубопровода относительно его заданной общей линии.

При опережении или отставании какой-либо тележки тяги 2 воздей-

ствуют на стержень 3 регулятора скорости, перемещая его в ту или иную сторону. Стержень 3 с изогнутым участком воздействует на нажимной рычаг 5, последний, поворачиваясь вокруг оси, регулировочным болтом 6 нажимает на шток 7 регулирующего клапана 8, изменяя проходное сечение в клапане и тем самым увеличивая количество воды в гидроцилиндре. Скорость тележки увеличивается. Максимальному открытию клапана соответствует положение стержня 3, когда его длинный участок находит на шток 7 регулирующего клапана 8. Когда тележка выровняется в общую линию, тяга 2 ослабнет, за счет пружины стержень 3 вернется в прежнее положение [2–4].

В случае изгиба трубопровода, превышающего допустимую величину, на данных машинах срабатывает защита, приводящая к аварийной остановке машины. Она основана на автоматическом прекращении подачи воды, поступающей в гидроцилиндры тележек [2–4].

Недостатком данной системы автоматической синхронизации тележек в линию является то, что элементы этой системы влияют на работу гидропривода только во время перемещения гидроцилиндра, в связи с этим сигналы от рассматриваемой системы им не принимаются, и поэтому скорости движения гидроцилиндров тележек различны. Это приводит к неравномерному перемещению тележек, что в свою очередь ведет к перегрузкам элементов системы передвижения и ремонту самой машины.

Дождевальные машины, использующие систему с замкнутой гидросистемой, обеспечивают систему автоматической синхронизации тележек в линию за счет использования золотникового клапана. Система автоматической синхронизации тележек в линию перемещает золотниковый клапан, пропускающий требуемый поток гидравлической жидкости для каждой тележки, продолжая непрерывное движение и выравнивание их в прямую линию [5]. Система автоматической синхронизации тележек в линию дождевальной машины, работающей на гидравлической системе передвижения с замкнутой гидросистемой, представлена на рисунке 2.

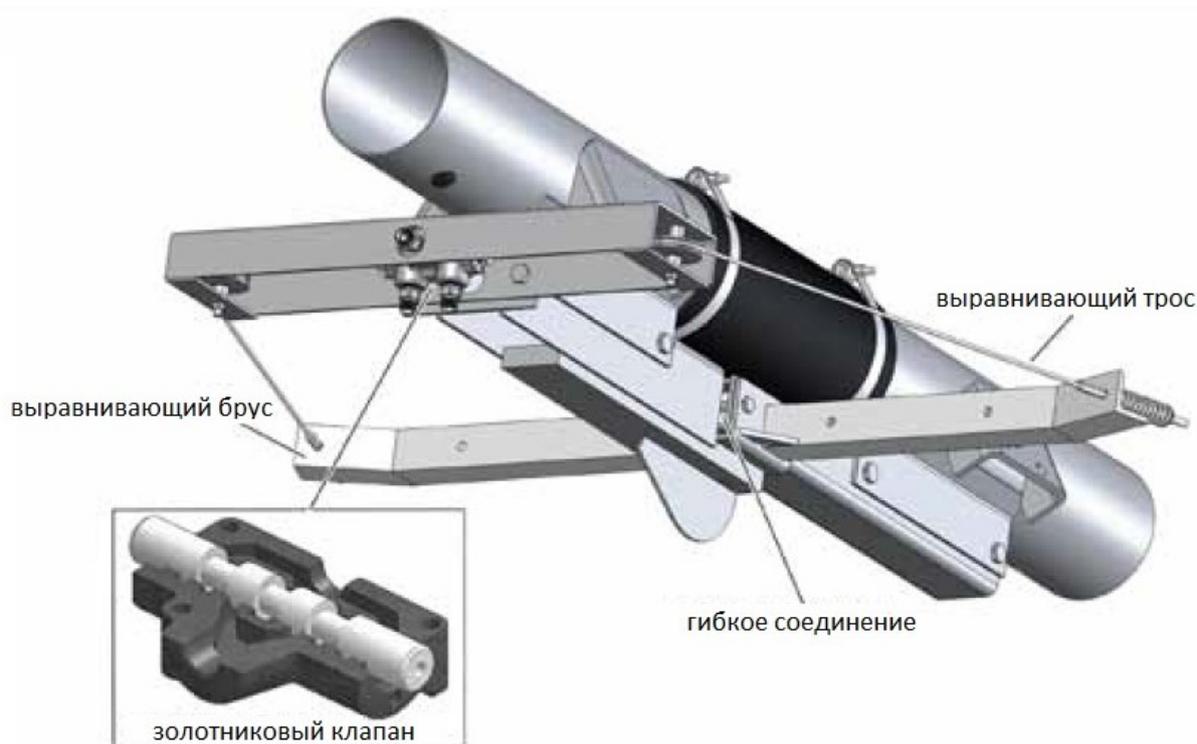


Рисунок 2 – Система автоматической синхронизации тележек в линию с замкнутой гидросистемой
Figure 2 – Automatic synchronization system of bogies in line with a closed hydraulic system

В случае остановки тележки либо серьезного нарушения прямолинейности клапан перепускает гидравлическую жидкость по обратной линии к насосу, останавливая систему, что приводит к остановке тележки или самой машины [5].

Недостатком системы автоматической синхронизации тележек в линию на данной дождевальномашине является то, что она громоздка и ненадежна, так как система труб с гидравлической жидкостью, подводимой к золотниковым клапанам, идет по всей машине под высоким давлением, а также недолгий срок службы золотникового клапана, подвергающегося постоянному трению.

На дождевальных машинах, использующих электрическую систему передвижения, система автоматической синхронизации тележек в линию заключается в следующем. При различных скоростях движения тележек

происходит нарушение прямолинейности напорного трубопровода. Данное нарушение приводит к включению механизма отклонения трубопровода от прямой линии. Этот механизм состоит из рычагов и тяг, собранных в систему, которая приводится в движение при нарушении прямолинейности трубопровода в месте соединения труб ферм. Этот механизм включает (при отставании) или отключает (при опережении) электродвигатель привода соответствующей опорной тележки, обеспечивая удержание ее на одной линии по отношению к двум смежным тележкам. Если изгиб двух смежных тележек превышает установленные значения, то механизм дает сигнал на отключение подачи электроэнергии ко всем электродвигателям машины. После чего машина останавливается [2–4, 6].

Электрическая система автоматической синхронизации тележек в линию представлена на рисунке 3.

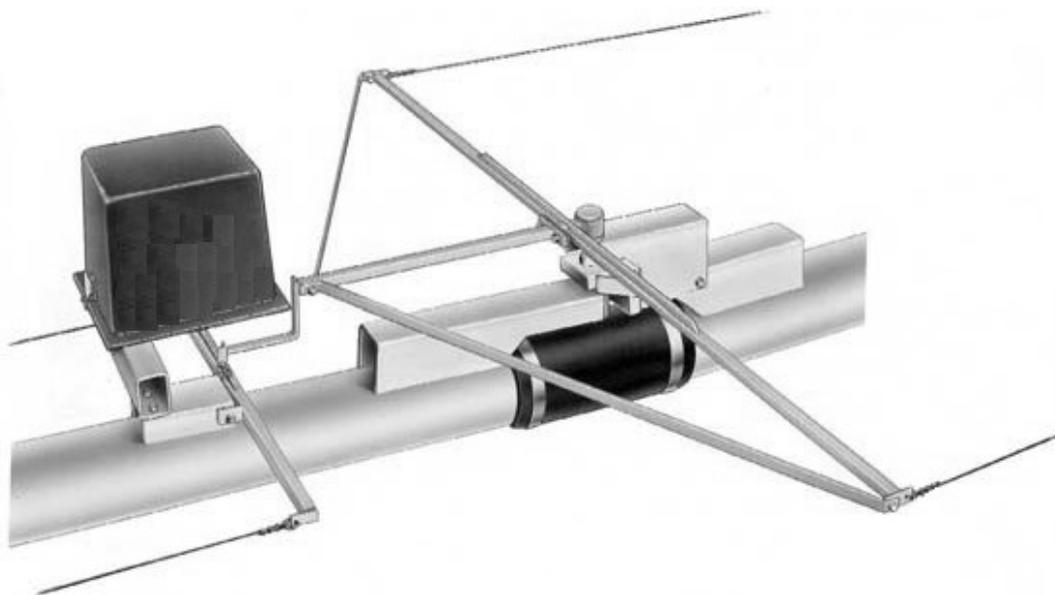


Рисунок 3 – Электрическая система автоматической синхронизации тележек в линию

Figure 3 – Electrical system of automatic synchronization of bogies in line

Такой принцип действия системы автоматической синхронизации тележек в линию используют на большинстве современных дождевальных машин.

Выводы

1 Результаты анализа систем автоматической синхронизации тележек в линию дождевальных машин показали, что в настоящее время на многоопорных дождевальных машинах применяются следующие виды систем: гидравлическая система с использованием оросительной воды, система с замкнутой гидросистемой и электрическая система.

2 Гидравлическая система автоматической синхронизации тележек в линию с использованием оросительной воды имеет недостаток в том, что элементы этой системы влияют на работу гидропривода только во время перемещения гидроцилиндра, в связи с чем сигналы от этой системы им не принимаются, и поэтому скорости движения гидроцилиндров тележек различны. Это приводит к неравномерному перемещению тележек, что в свою очередь ведет к перегрузкам элементов системы передвижения и ремонту самой машины.

3 Система автоматической синхронизации тележек в линию с замкнутой гидросистемой громоздка и ненадежна, так как система труб с гидравлической жидкостью, подводимой к золотниковым клапанам, идет по всей машине под высоким давлением, а срок службы золотникового клапана, подвергающегося постоянному трению, недолог.

4 Электрическая система автоматической синхронизации тележек в линию является оптимальной, так как лишена недостатков, поэтому и используется на большинстве современных дождевальных машин.

5 Анализ систем автоматической синхронизации тележек в линию дождевальных машин показал, что требуется проведение дальнейших исследований, посвященных их совершенствованию.

Список источников

1. Васильченко А. П., Шепелев А. Е. Анализ систем передвижения многоопорных дождевальных машин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2(86). С. 60–67.
2. Слюсаренко В. В., Журавлева Л. А. Технологические особенности работы ши-

рокозахватных дождевальных машин и пути их совершенствования // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2006. № 3. С. 173–176.

3. Городничев В. И. Автоматизация технологических процессов орошения: произв.-практ. изд. М.: Росинформагротех, 2008. 268 с.

4. Фокин Б. П., Носов А. К. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин. Ставрополь, 2011. 80 с.

5. Чураев А. А., Погоров Т. А., Завалюев В. Э. Обоснование выбора привода ходовых тележек для многоопорной дождевальной машины нового поколения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 1(61). С. 202–208.

6. Васильев С. М., Шкура В. Н. Дождевание. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 352 с.

References

1. Vasilchenko A.P., Shepelev A.E., 2022. *Analiz sistem peredvizheniya mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin* [Analysis of systems of multi-tower sprinkling machine movement]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(86), pp. 60-67. (In Russian).

2. Slyusarenko V.V., Zhuravleva L.A., 2006. *Tekhnologicheskie osobennosti raboty shirokozakhvatnykh dozhdeval'nykh mashin i puti ikh sovershenstvovaniya* [Technological features of the operation of wide-cut sprinklers and ways of their improvement]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Proc. of Samara State Agricultural Academy], no. 3, pp. 173-176. (In Russian).

3. Gorodnichev V.I., 2008. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov orosheniya: proizv.-prakticheskoe izdanie* [Automation of Technological Processes of Irrigation: prod.-practical edition]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 268 p. (In Russian).

4. Fokin B.P., Nosov A.K., 2011. *Sovremennye problemy primeneniya mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin* [Modern Problems of Application of Multi-Support Sprinkler Machines]. Stavropol, 80 p. (In Russian).

5. Churaev A.A., Pogorov T.A., Zavaluev V.E., 2016. *Obosnovanie vybora privoda khodovykh telezhok dlya mnogoopornoy dozhdeval'noy mashiny novogo pokoleniya* [Justification for choosing the drive of trolleys for a new generation multi-tower sprinkler]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(61), pp. 202-208. (In Russian).

6. Vasiliev S.M., Shkura V.N., 2016. *Dozhdevanie* [Sprinkling]. Novochechassk, RosNIIPM, 352 p. (In Russian).

Информация об авторах

А. П. Васильченко – научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, Vap79@mail.ru, AuthorID: 618626, <https://orcid.org/0000-0001-9556-4260>;

А. Е. Шепелев – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, oamsrosniipm@yandex.ru, AuthorID: 620839, <https://orcid.org/0000-0001-5941-3254>.

Information about the authors

A. P. Vasilchenko – Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochechassk, Russian Federation, Vap79@mail.ru, AuthorID: 618626, <https://orcid.org/0000-0001-9556-4260>;

A. E. Shepelev – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochechassk, Russian Federation, oamsrosniipm@yandex.ru, AuthorID: 620839, <https://orcid.org/0000-0001-5941-3254>.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 57–65.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2023. Vol. 91, no. 3. P. 57–65.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 22.08.2023; одобрена после рецензирования 22.09.2023;
принята к публикации 17.10.2023.*

*The article was submitted 22.08.2023; approved after reviewing 22.09.2023; accepted for
publication 17.10.2023.*