

**Аулін В.В.,
Панков А.А.**
Кировоградский национальный
технический университет
г. Кропивницкий, Украина
E-mail: aulin52@mail.ru

ВЫБОР ДАТЧИКА СКОРОСТИ И НАДЕЖНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ В БЛОКЕ УПРАВЛЕНИЯ СТРУЙНОЙ ВЫСЕВАЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ

УДК 631.3-027.45

Обоснован выбор типа датчика скорости для блока управления высевающей системой, работающей на основе применения элементов струйной пневмоавтоматики (пневмоники). Представлена оценка надежности работы выбранного датчика по показателю минимальной вероятности безотказной работы за заданное время.

Ключевые слова: надежность, пневмоника, датчик, струя, автоматизация, управление, посев.

Введение

В связи с техническим прогрессом в агропромышленном комплексе (АПК) все более важными становятся вопросы повышения надежности техники — механизмов, машин, аппаратов, приборов, оборудования и систем автоматики. Надежность является важнейшим технико-экономическим показателем качества любого технического устройства или системы. В связи с этим, при широком применении машин и исполнительных механизмов в системах автоматического управления производственными процессами, технический уровень производства и производительность в значительной степени определяются надежностью этих машин и систем. Отказы машин и систем в процессе эксплуатации наносят значительный материальный ущерб народному хозяйству.

Современные машины используются в разнообразных условиях. К этим условиям относятся: изменение температуры и давления окружающего воздуха, высокая влажность, различные агрессивные среды, удары и вибрации, высокие механические перегрузки, то есть нестационарность условий работы. Все эти факторы неблагоприятно влияют на надежность машин и систем [1].

Очевидно, что к машинам, работающим в указанных условиях, можно отнести и посевную технику. При этом высевающие аппараты и системы должны быть предельно надежны, дешевы и просты.

Постановка проблемы

Надежность струйной высевающей системы (рис.1) определяется надежностью составляющих ее устройств и элементов [2, 3]. Наиболее несовершенным звеном системы управления высевом являются датчики пути и скорости. К ним предъявляются следующие требования: нечувствительность к засорениям; незасоряемость системы через датчики; долговечность; помехоустойчивость; максимальный диапазон по расходу и давлению [4].

Опыт эксплуатации струйных систем управления показал, что чаще всего отказы в работе наблюдаются при засорении каналов датчиков частичками масла, влаги, пыли.

Как показано на рис.2, струя, проходящая через зазор, по своим размерам несколько больше приемного канала, а поэтому при столкновении с его торцом осаждают на нем механические примеси в виде гребня. Образовавшийся гребень увеличивает сопротивление приемного канала и тем самым изменяет выходные характеристики датчика.

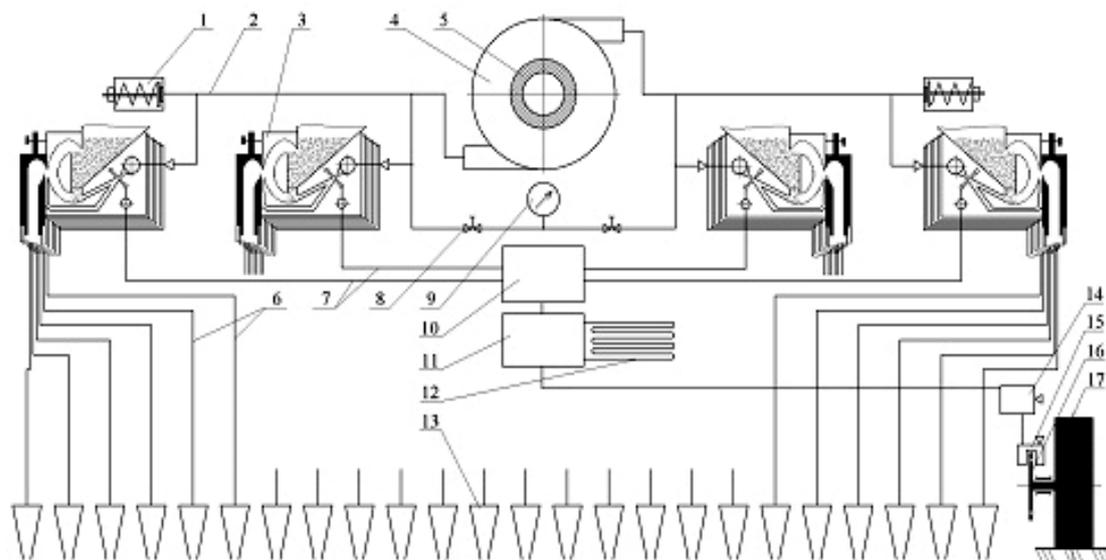


Рис. 1 - Схема струйной высевальной системы для порционного высева на основе универсальных высевальных аппаратов с элементами пневмоники: 1 – стабилизатор давления; 2 – воздухопроводы; 3 – высевальные аппараты; 4 – источник избыточного давления; 5 – фильтр; 6 – семяпроводы; 7 – сигнальные линии; 8 – дроссель; 9 – манометр; 10 – усилитель; 11, 12, 14 – элементы струйной логики; 13 – сошники; 15 – датчик скорости (пути); 16 – перфорированный диск; 17 – опорно-приводное колесо

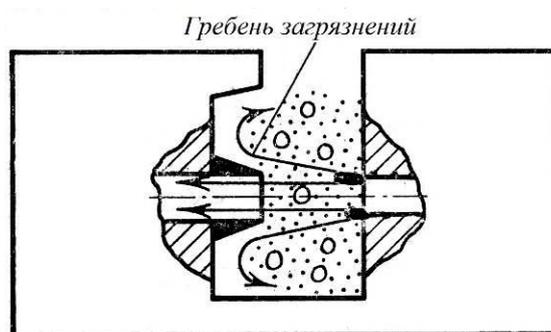


Рис. 2 - Картина засорения торца приемного канала датчика скорости

Если размеры частиц соизмеримы с диаметром приемного канала, то частицы, попадая в него, образуют пробку, вызывая ложное срабатывание. Вместе с этим частицы, пролетевшие через приемный канал, осаждаются в каналах датчика и частично уносятся в схему, вызывая засорение соединенных с датчиком элементов.

Анализ исследований и публикаций

Рассмотрим несколько типов датчиков, применяющихся в струйных системах управления (рис.3), согласно [4].

Датчик типа «трубка-трубка» (рис.3, а) является наиболее склонным к засорению, что обусловлено свойством питающей струи, проходящей через паз, эжектировать из окружающей среды взвешенные механические частицы, частицы масла и других жидкостей и заносить их в приемный канал.

Вакуумный датчик (рис.3, б). Конструкция датчика отличается тем, что питающая струя, эжектируя механические частицы из окружающей среды при прохождении паза, выбрасывается через приемный канал в атмосферу, образуя в выходном канале разрежение. При прерывании питающей струи в пазу датчика разрежение на выходе исчезает. Благодаря наличию разрежения в выходном канале вероятность его засорения значительно снижается, но при этом не исключена возможность засорения приемного канала.

Датчик на соударении струй (рис.3, в) отличается от вышеописанных тем, что с

целью защиты приемного канала от засорения, к нему подведено давление питания. Две встречные соосные струи при соударении в приемном канале создают суммарный поток, который направляется на выход датчика. При прерывании струи в пазу оба потока стравливаются в атмосферу. Достоинством датчиков этого типа является самоочищаемость его приемного канала питающей струей в момент прерывания струи. Но ввиду того, что суммарный поток на выходе датчика складывается из струй, одна из которых контактирует с окружающей средой, неизбежно проникновение загрязнений на выход, хотя и в значительно меньшей мере, чем у датчиков типа «трубка-трубка».

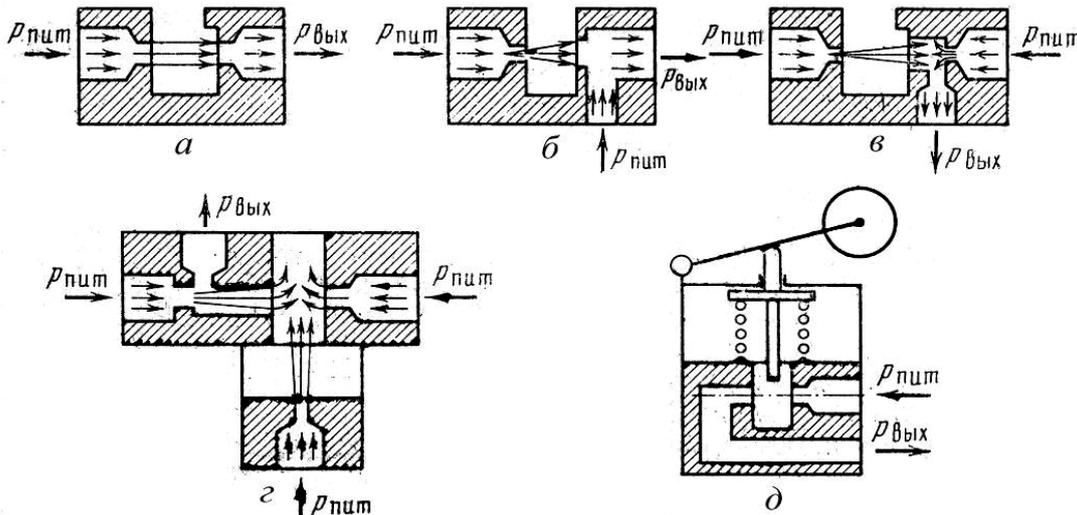


Рис. 3 – Типы струйных датчиков: а – «трубка-трубка»; б – вакуумный; в – на соударении струй; г – на соударении струй с дополнительной управляющей струей; д – в герметичном корпусе

Датчик на соударении струй с дополнительной управляющей струей (рис.3, з). В данной конструкции прерывание основной питающей струи происходит дополнительной управляющей струей в канале, который частично защищает питающую струю от прямого воздействия окружающей среды. Наличие такой защиты уменьшает степень засорения датчика. В отличие от предыдущих, такой датчик реализует на выходе единственный сигнал при прерывании управляющей струи в его пазу.

Датчик в герметичном корпусе (рис.3, д). Эти датчики практически свободны от засорения, но из-за наличия контактирующих поверхностей долговечность таких устройств ограничена и несоизмерима со сроком службы бесконтактных датчиков.

Как было отмечено выше, датчики должны также соответствовать требованиям помехоустойчивости, которые можно подразделить на внутренние и внешние. Влияние внутренних помех обусловлено образованием перетеканий воздуха в элементах системы при подаче сигнала на один из входов. Внешние помехи возникают при вибрациях, при попадании твердых частиц в паз датчика, где они могут воздействовать на струю воздуха, и при наличии посторонних потоков воздуха. Такие помехи приводят к изменению уровня выходного сигнала.

Цель исследований – обоснование выбора вида датчика скорости для блока управления струйной высевающей системой и оценка надежности его работы.

Результаты исследований

Для сравнения конструкций датчиков составим таблицу основных оценочных показателей, согласно работе [4]. Введем пятибалльную систему оценки надежности устройства по каждому показателю. Устройству, имеющему наилучшие показатели, присвоим наибольшее количество баллов (табл.1).

Оценочные показатели конструкций струйных датчиков

Тип датчика	Засоряемость		Долговечность	Помехоустойчивость		* $Q_{\text{вых}}/Q_{\text{пит}} = f(p_{\text{вых}}/p_{\text{пит}})$	Вероятность безотказной работы	Суммарное число баллов
	датчика	системы		внешняя	внутренняя			
«Трубка-трубка»	1	1	5	5	4	5	1	22
Вакуумный	3	4	5	4	5	2	4	27
На соударении струй	4	4	5	5	4	5	5	32
На соударении струй с дополнительной управляющей струей	2	5	5	1	4	3	4	24
В герметичном корпусе	5	5	1	1	4	5	3	24

* $Q_{\text{вых}}$ - расход воздуха на выходе; $Q_{\text{пит}}$ - расход воздуха на питание датчика; $p_{\text{вых}}$ - давление на выходе; $p_{\text{пит}}$ - давление питания.

Приведенная таблица позволяет выбрать тип датчика в зависимости от условий его применения. Так, датчик типа «трубка-трубка» по засоряемости имеет оценку в один балл, но по остальным параметрам его оценки высокие, следовательно, применение его целесообразно в средах, не содержащих загрязнений. Если предъявляются повышенные требования к уровню засоряемости, но невысокие требования по долговечности и помехоустойчивости, следует использовать контактный датчик.

Наиболее универсальным среди вышеприведенных датчиков является датчик на соударении струй, так как он имеет самые высокие баллы по всем показателям.

Для оценки надежности работы датчиков определяли минимальную вероятность безотказной работы за заданное время $f(t)$. По результатам испытаний за 1000 часов работы для датчиков на соударении струй $f(t)$ находилось в пределах 0,99...0,40, согласно [4].

Анализ показал, что для этих датчиков в условиях значительного загрязнения окружающей среды с присутствием масла имел место нижний предел 0,40. Для сред с повышенной запыленностью, но при отсутствии в окружающей среде частиц масла и других связующих компонентов, показатель имел верхний предел 0,99.

Поэтому надежность управления высевальной системой определяется надежностью блока управления, зависящей от прямого и косвенного воздействия окружающей среды в условиях запыленности при проведении посевных работ.

Причиной прямого воздействия является способность струйных элементов блока управления эжектировать внешнюю среду. При этом содержащиеся в ней механические примеси оседают на стенках камер и каналов, изменяя геометрические размеры, а тем самым и характеристики струйных элементов.

Косвенно окружающая среда оказывает влияние на блок управления через входные устройства, особенно через датчики скорости. Это приводит, во-первых, к засорению управляющих каналов струйных элементов, а во-вторых, к снижению уровня входного сигнала.

Таким образом, для повышения надежности струйных элементов необходима их изоляция от прямого воздействия окружающей среды.

С этой целью разработан блок управления, представляющий собой закрытый герметизированный корпус с встроенными внутри его монтажной платой и фильтрами системы питания (рис.4), а также датчиком скорости (рис.5).

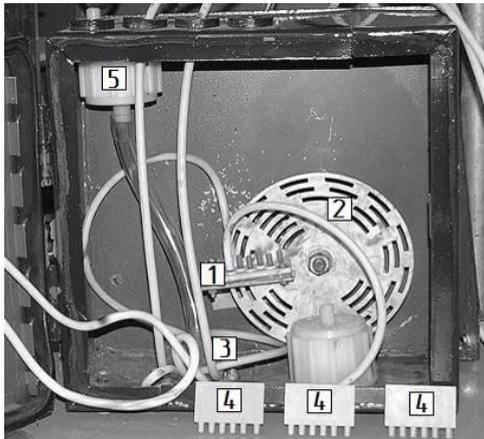


Рис. 4 – Блок управления высевальной системой:
1 – датчик; 2 – перфорированный диск; 3 – формирователь импульсов;
4 – управляющий элемент пневмоники

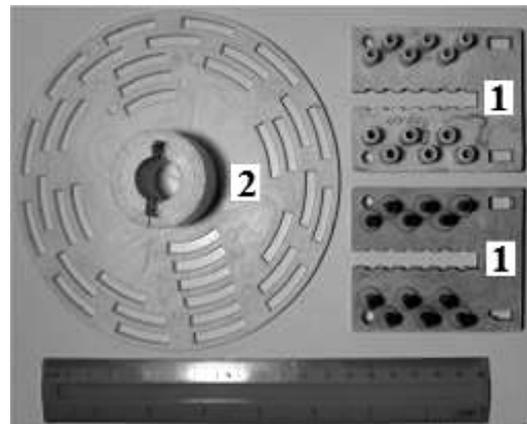


Рис. 5 – Датчик скорости на соударении струй:
1 – приемные каналы с ниппелями; 2 – перфорированный диск

Струйные элементы в блоке управления находятся в среде предварительно очищенного воздуха, чем достигается значительное повышение их надежности.

На надежность блока управления оказывают влияние также конструктивные факторы, из которых можно выделить условие формирования потока питания струйных элементов и способ их межэлементной коммутации.

Струйные элементы системы «Волга», применяемые в блоке управления (рис.4) позволяют производить межэлементную коммутацию с помощью каналов, выполненных в монтажной плате, или гибкими трубками.

Несмотря на то, что межэлементная коммутация с помощью каналов обладает рядом преимуществ, применение такого способа монтажа снижает надежность логического блока. Наличие переходов в каналах увеличивает их сопротивление, а наличие уплотнительных крышек увеличивает вероятность возникновения перетеканий между каналами. Поэтому в блоке управления высевальной системой применяется межэлементная коммутация гибкими трубками, позволяющая устранить указанные недостатки.

Выводы

Показано, что для повышения надежности струйной высевальной системы в блоке управления необходимо применять датчик скорости, конструктивно выполненный на основе соударения струй.

Надежность работы датчика скорости на соударении струй определяется минимальной вероятностью безотказной работы за заданное время, которая для сред с повышенной запыленностью равна 0,99.

Литература

1. Шишмарев В. Ю. Надежность технических систем / В. Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 304 с.
2. Аулин В.В. Надёжность рабочих процессов технических средств АПК с элементами пневмоники / Аулин В.В., Панков А.А., Замота Т.Н. // Научный журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». - 2016. – № 5. - С.117-125.

3. Панков А.А. Технические средства процесса высева на основе элементов пневмоники: Монография // Панков А.А., Аулин В.В., Черновол М.И. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф. - 2016. – 232 с.
4. Чаплыгин Э.И. Некоторые вопросы надежности струйных систем управления / Чаплыгин Э.И., Кривошеев Г.Я., Гранин В.В. // Пневмоавтоматика. - М.: Наука. - 1974. - С. 119-126.

Summary

Aulin V.V., Pankov A.A. The choice of speed sensor and its reliability in the control unit jet seeding system

The most imperfect part of the control system of seeding are the sensors path and speed. The experience of operating the jet control systems showed that most failures occur when the clogged channels of the sensor particles of oil, moisture, dust. The reliability of the management of the meter system is determined by the reliability of the control unit, depending on the direct and indirect effects of the environment in dusty conditions when sowing. The reason the direct impact is the ability of the jet control unit to retract the external environment. It contains mechanical impurities are deposited on the walls of the chambers and the channels, changing their geometrical dimensions, and thus characteristics of the jet elements.

Therefore, the aim of the research – selection of speed sensor for the control unit of the jet sowing system and the assessment of the reliability of his work.

The author explains the choice of the type of speed sensor for the control unit of the meter system based on the use of elements of pneumatic jet (fluidics). Presents an assessment of the reliability of the selected sensor in terms of minimum probability of failure-free operation for a specified time. It is established that in the control unit of the jet sowing system you need to apply the speed sensor is structurally designed based on the impingement jets. The reliability of the speed sensor on the collision of jets is determined by the minimum probability of failure-free operation for a specified time, which to environments with excessive dust is equal to 0,99.

Developed control unit, which is a closed sealed housing with a built-in inside its circuit board and with power and speed sensor on the collision of jets.

Keywords: reliability, fluidics, sensor, jet, automation, control, seeding.

References

1. Shishmarev V. Yu. Nadezhnost tehniceskikh sistem / V. Yu. Shishmarev. – М.: Akademiya, 2010. - 304s.
2. Aulin V.V. Nadyozhnost rabochih processov tehniceskix sredstv APK s elementami pnevmoniki / Aulin V.V., Pankov A.A., Zamota T.N. // Naukovij zhurnal «Tehnichnij servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv». - 2016. – № 5. - S.117-125.
3. Pankov A.A. Tehnicheskie sredstva processa vyseva na osnove elementov pnevmoniki: Monografiya // Pankov A.A., Aulin V.V., Chernovol M.I. – Кировоград: izdatel Lysenko V.F. - 2016. – 232 s.
4. Chaplygin E.I. Nekotorye voprosy nadezhnosti strujnyh sistem upravleniya / Chaplygin E.I., Krivosheev G.Ya., Granin V.V. // Pnevmoavtomatika. - М.: Nauka. - 1974. - S. 119-126.