

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ

ОВТОВ Владимир Александрович, Пензенский государственный аграрный университет

ЯШИН Александр Владимирович, Пензенский государственный аграрный университет

ХАЛЕЕВ Дмитрий Юрьевич, Пензенский государственный аграрный университет

Приводится анализ выхода из строя деталей и узлов посевной секции при ненормативной эксплуатации сеялок. С использованием современных систем автоматизированного проектирования выполнен напряженно-деформированный анализ деталей и узлов посевной секции, который позволил выявить ее выход из строя, связанный с нарушением технологического и технического процессов эксплуатации сеялок при посеве зерновых и технического культур.

Введение. Агротехнологический процесс посева зерновых и технических культур обеспечивается техническими и технологическими параметрами работы узлов и агрегатов сеялки, которые заложены предприятием-изготовителем, что позволяет обеспечивать необходимую равномерность распределения семян по площади и глубине посева [3–5, 8, 13, 14]. При этом агрегаты сеялки: бункер с семенным материалом, высевающий аппарат, семяпроводы, сошники и заделывающие органы до работают с заданными характеристиками указанными производителем в процессе эксплуатации, определяемыми технологическим процессам посева, с учетом прочности, надежности, долговечности деталей и сборочных единиц заложенных на стадии проектирования и реализованных в выпускаемой продукции [2, 3, 6–10].

Следует отметить, что при проектировании рабочих узлов сеялок, учитываются условия их работы в соответствии с подготовленной почвой под посев по ГОСТ 26711–89: поверхность поля должна быть выровненной – высота гребней и глубина борозд не должна превышать 20 мм; твердость взрыхленного слоя при предпосевной обработке почвы должна составлять не более 0,5...1,5 кг/см², для глубины 0...5 см; 1,5...4,5 кг/см² для глубины 5...10 см; весовое содержание комьев почвы размером от 1 до 10 мм во взрыхленном слое должно составлять не менее 50 %. Крупные камни и комья размером 30 мм и более не допускаются. Влажность почвенного горизонта в зоне заделки семян должна быть не более 15...25 % для глубины 0...5 см, 18...30 % для глубины 5...10 см. При этом поверхностный слой почвы не должен содержать скопления сорняков, пожнивных и соломистых остатков, превышающих по размерам установочную глубину заделки семян, а уклон поверхности поля не должен превышать 8 град.

Однако Россия имеет несколько географических поясов, где развито земледелие, и они отличаются друг от друга климатическими условиями, и прежде всего почвами, которые были сформированы тысячами и миллионами лет. Применение современных посевных агрегатов при посеве должно сопровождаться соблюдением руководства по эксплуатации и обслуживанию используемой сеялки [1, 2, 7, 11, 12].

Методика исследований. Несоблюдение и нарушение предлагаемых предприятием-изготовителем сеялок инструкций по эксплуатации может приводить к поломке отдельных деталей и узлов сеялок.

Рассмотрим возможные повреждения деталей посевной секции на примере сеялки С-6ПМ2. Так, например, излом кронштейна стойки сошника КСИЛ 301 421.369 в сборе с осью представлен на рис. 1, 2 (см. обложку).

Соединение оси со стойкой посредством кронштейна было выполнено соединением сваркой. Стойка сошника и кронштейн изготовлены из низкоуглеродистой стали обычного качества марки Ст.Зпс. Применение материала для изготовления стойки и кронштейна обосновано подобранными поперечными сечениями при возникающих нагрузках в условиях нормальной эксплуатации сеялки.

Образование подобного рода отказов возможно в случае использования сеялок при проведении технологического процесса посева семян на участках полей, имеющих очертания с небольшими радиусами кривизны, в том числе на разворотных полосах с превышением рабочей скорости сеялок, движение задним ходом при рабочем положении посевной секции без соблюдения требований руководства по эксплуатации.

Для доказательства смоделируем ситуацию и произведем прочностной расчет сошника в про-



грамме Simcenter версии 12.0, когда диск сошника находится в почве, и приложим нагрузку, минимально возможную для образования отказов, при повороте и (или) развороте в рабочем положении сеялки.

Результаты исследований. Приложим силу (рис. 3, см. обложку) величиной 710 Н как равномерно распределенную нагрузку к нижней части сошника с внешней стороны, находящейся в земле (показана красным). После образования напряжений на диске, они будут распространяться и перераспределяться между всеми последующими элементами сошника. Так как диск устанавливается на оси, то целесообразно установить зоны концентрации напряжений и их значения на оси.

Максимальные эквивалентные напряжения на диске (рис. 4, см. обложку) в зоне соединения со ступицей составили 287 МПа, что меньше предела текучести, равной 785 МПа для стали 65Г, из которой он изготовлен.

Предположим, что образование повреждений соединения оси со стойкой является наличие ненадежного соединения и отсутствие защиты металла от коррозии в месте соединения, что является производственным дефектом, заложенным на стадии изготовления изделия (см. рис. 2). Однако данное предположение неверно, так как, при рассмотрении места среза оси по кронштейну (см. рис. 2), видно, что часть оси, вставленная в кронштейн и обваренная по контуру, осталась на месте, то есть в кронштейне, а срез оси произошел не в месте сварного соединения.

Возникающие максимальные эквивалентные напряжения на оси диска (рис. 5, см. обложку) составляют 174 МПа, что меньше предела текучести 245 МПа стали СтЗсп, из которой она изготовлена. Следовательно, разрушение оси при заданной выше нагрузке действующей на диск не возможно.

Напряжения, сформированные на диске и оси, будут распространяться и перераспределяться между всеми последующими элементами сошника, а следующим элементом является кронштейн. На кронштейне существуют три зоны концентрации напряжений – в сварном шве, соединяющем два кронштейна (рис. 6, см. обложку); в сварных швах кронштейнов и стойки (рис. 7, см. обложку); в средней части кронштейнов (рис. 8, см. обложку).

Максимальные эквивалентные напряжения в сварном шве, соединяющем два кронштейна, составляют 772 МПа (см. рис. 6), что выше предела текучести 245 МПа стали СтЗсп, из которой они изготовлены. Такие напряжения приведут к разрушению сварного шва и появлению отказа при ненормальной работе сеялок. Максимальные эквивалентные напряжения в сварных швах

соединения кронштейнов и стойки (см. рис. 7) составляют 238,5 МПа, что является близким значением к пределу текучести 245 МПа стали СтЗсп. Это может привести к разрушению сварного шва и вероятному появлению отказа при ненормативной эксплуатации сеялок. В средней части кронштейнов (см. рис. 8) максимальные напряжения составляют 171 МПа, что значительно меньше обозначенного предела текучести. Появление отказа по средней части кронштейнов маловероятно, а причиной образования описанного надлома, в частности, могло стать эксплуатация сеялок при проведении технологического процесса посева семян на участках полей имеющие очертания с небольшими радиусами кривизны, в том числе на разворотных полосах без выглубления сошников с превышением рабочей скорости сеялок или движение задним ходом.

Заключение. Выполненный анализ отказов и выхода из строя деталей и соединений посевных секций сеялок с использованием современных программных средств, таких как SolidEdge ST (система твердотельного и поверхностного моделирования); Femap, позволяющей создавать модели сложных технических изделий и систем для конечно-элементного анализа с использованием решателя NX Nastran для проведения инженерного анализа (CAE) проектируемых изделий методом конечных элементов (КЭ) подтверждает работоспособность данного узла сеялок при их нормальной эксплуатации. При этом необходимо установить массовость такого рода случаев разрушения и износа деталей и соединений посевной секции, так как если это единичные случаи, то это дополняет причинно-следственную связь сделанных заключений о нарушениях руководства по эксплуатации сеялок

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубарев А.Г., Ларюшин Н.П., Шуков А.В. Разработка рабочих органов к зерновой сеялке для посева по ресурсосберегающим технологиям // Наука в центральной России. – 2019. – №3 (39). – С. 78–83.
2. Модернизация сошниковой группы зерновой сеялки для подпочвенного рассева семян / П.А. Емельянов [и др.] // Нива Поволжья. – 2017. – № 2 (43). – С. 61–66.
3. Напряженно-деформированный анализ вала цепного редуктора / В.А. Овтов [и др.] // Наука и Образование. – 2020. – № 1. – С. 123.
4. Овтов В.А., Абросимов М.Ю. Сошник для посева мелкосеменных культур // Сельский механизатор. – 2020. – № 7. – С. 11–12.
5. Овтов В.А., Абросимов М.Ю. Обоснование конструкции сошника для посева мелкосеменных культур // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 89–92.
6. Овтов В.А., Абросимов М.Ю. Модернизация ползовидного сошника с применением компьютерного



моделирования // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2019 – № 8. – С. 46–48.

7. Овтов В.А., Абросимов М.Ю. Экономическое обоснование сеялки с полозовидным сошником для посева мелкосеменных культур // Сурский вестник. – 2019. – №1 (5). – С. 23–27.

8. Патент 2562535 РФ. Сошник для подпочвенного разбросного посева / П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирев, Д.М. Матвеев. Опубл. 10.09.15, Бюл. № 25.

9. Подпочвенно-разбросной посев зерновых культур / П.А. Емельянов [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. – № 5. – С. 16.

10. Предпосылки использования точного земледелия в качестве основы развития сельского хозяйства / М.А. Аддербегов [и др.] // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 243–245.

11. Результаты стендовых испытаний сошника КСИЛ.273114.071 / М.А. Папшев [и др.] // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – С. 95–98.

12. Сошник КСИЛ.272114.071 пневматической сеялки для посева зерновых культур / М.А. Папшев [и др.] // Инновационные идеи молодых исследова-

телей для АПК России: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 132–135.

13. Чиркова Н.С., Хорев П.Н., Яшин А.В. Определение тягового сопротивления двухярусной стрельчатой лапы культиватора // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 257–259.

14. Igonin V.N., Sotnikov M.V., Mishanin A.L., Denisov S.V., Danilin A.V., Yashin A.V. Energy intensity reduction of grain contact drying // Journal of Fundamental and Applied Sciences, 2018, Т. 10, No. 5S, P. 1210–1225.

Овтов Владимир Александрович, канд. техн. наук, доцент, кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

Яшин Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механизация технологических процессов в АПК», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

Халеев Дмитрий Юрьевич, студент, Пензенский государственный аграрный университет. Россия.
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.
Тел.: (8412) 62-85-79.

Ключевые слова: посев; сеялка; диск; культура; сила; анализ напряженно-деформированного состояния.

STRESS-STRAIN ANALYSIS OF DETAILS AND UNITS OF THE SEEDING SECTION OF A GRAIN SEED DRILL

Ovtov Vladimir Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Fundamentals of Designing Mechanisms and Machines", Penza State Agrarian University, Russia.

Yashin Alexandr Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the chair "Fundamentals of Designing Mechanisms and Machines", Penza State Agrarian University, Russia.

Khaleev Dmitriy Yurevich, Student, Penza State Agrarian University, Russia.

Keywords: sowing; seeder; soil; disc coulter; strength; stress-strain analysis.

The analysis of failure of parts and units of the sowing section during abnormal operation of seeders is given. Using modern CAD systems, a stress-strain analysis of parts and assemblies of the sowing section was carried out, which made it possible to identify a failure above the indicated one, which is associated with a violation of the technological and technical process of operating seeders when sowing grain and industrial crops.

