

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Кафедра «Процессы и машины в агробизнесе»

И. Т. Трубилин, С. К. Папуша

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
В АГРОИНЖЕНЕРИИ

**Методические указания
для выполнения курсового проекта**

Краснодар
2019

УДК 631.3(07)
ББК 40.72 Р Т-18

Трубилин, Е. И.

Т-18 Теоретические основы в агроинженерии: методические указания для выполнения курсового проекта /Е. И. Трубилин, С. К. Папуша. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2019. – 71 с.

В методических указаниях приводятся необходимые сведения для выполнения курсового проекта на основе курса лекций по Теоретические основы в агроинженерии; методика выполнения курсового проекта и варианты заданий. Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия».

Оглавление

Предисловие.....	4
Структура пояснительной записки.....	5
Способы посева, их сравнительная оценка, агротехнические требования к сеялкам.....	9
Проектирование и технологический расчет сеялки.....	11
Организация использования сеялки и посевного агрегата	51
Порядок предоставления и защиты курсового проекта.....	58
6 Критерии оценки знаний.....	59
Рекомендуемая литература.....	61
Приложения.....	62

Предисловие

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями программы дисциплины «Теоретические основы в агроинженерии» по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия.

Целью курсового проектирования является закрепление, систематизация теоретических знаний, развитие навыков расчета, конструирования и выполнения графических работ студентов очной и заочной формы обучения. А также помочь студентам, в закреплении теоретических знаний при решении конкретных инженерных задач, содействие в плане подготовки высококвалифицированных специалистов и формирование навыков научно-исследовательской деятельности.

Задачами курсового проекта являются:

систематизация научных знаний, ознакомление со способами посева зерновых, зернобобовых и крупяных культур, оценка энергоемкости процесса;

углубление уровня и расширение объема профессионально значимых знаний, умений и навыков, проведение и анализ технологических и эксплуатационных параметров проектируемого посевного агрегата;

формирование умений и навыков самостоятельной организации научно-исследовательской работы. По заданию спроектировать рабочие узлы зерновой сеялки, такие как сошниковую группу, высевающий аппарат, провести кинематическое и динамическое исследование;

овладение современными методами поиска, обработки и использования информации.

Выполнение курсового проекта является одной из форм самостоятельной подготовки студентов, включающее в себя проведение технологических расчетов с разработкой сошниковой группы и зерновой сеялки в целом.

1 СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

В соответствии с положением Пл. КубГАУ 2.5.33 -2019 «Курсовая работа (проект)», курсовой проект включает следующие структурные элементы:

титульный лист;
задание на выполнение курсового проекта (прил. 1); реферат;
оглавление; введение; основная часть;
выводы и предложения;
список использованной литературы и источников; приложения.

Объем курсового проекта должен составлять 20-25 страниц машинописного текста.

Титульный лист является первым листом работы и заполняется по форме, приведенной в приложении 2.

Реферат – краткое точное изложение содержания документа, включающего основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора реферата.

Реферат должен содержать:

сведения об объеме работы, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве использованной литературы и источников;

перечень ключевых слов; текст реферата.

Перечень ключевых слов должен содержать от 5 до 15 слов и словосочетаний из текста курсового проекта, которые в наибольшей степени характеризуют его содержание. Ключевые слова приводят в именительном падеже и пишут прописными буквами в строку через запятую.

Текст реферата должен отражать: объект исследования,
цель работы,
метод исследования,

полученные результаты и их новизну, значимость работы. Образец оформления реферата представлен в приложении 3.

Оглавление курсового проекта включает все выделенные в тексте заголовки глав и параграфов (разделов и подразделов) с указанием начальных страниц, включая список литературных источников и приложения. Наименования разделов, включенные в оглавление, записывают прописными буквами. Наименования подразделов записывают строчными буквами, за исключением первой, прописной (большой).

Слово «Оглавление» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами.

Названия глав и параграфов в содержании словесно должны быть точной копией названий в тексте.

Введение должно содержать общие сведения о курсовом проекте. В нем необходимо отразить актуальность рассматриваемой темы; четко сформулировать цель и задачи проекта; обозначить предмет и объект исследования.

Задачи курсового проекта формулируются с учетом предусмотренных в плане вопросов и конкретизируют направления работы для достижения цели.

Здесь необходимо также указать основные источники информации, использованные при написании работы, календарный период, за который проведены исследования.

Рекомендуемый объем 1-2 страницы.

Основная часть курсового проекта состоит из теоретической и практической части. Объем основной части должен составлять не менее 70% объема курсового проекта.

Основная часть должна состоять из нескольких глав, как правило, не менее трех, а внутри глав могут быть рассмотрены несколько самостоятельных вопросов, которые обособлены отдельными параграфами.

Пояснительная записка должна содержать разделы следующего объема:

1 Способы посева, их сравнительная оценка, агротехнические сведения к сеялкам.....	2 стр.
2 Проектирование и технологический расчет сеялки	
2.1 Определение усилия на штоке гидроцилиндра при переводе рабочих органов сеялки (посевого агрегата) из рабочего положения в транспортное.....	4 стр.
3. Теоретические расчеты сошников	
3.1 Расчет устойчивости хода сошников сеялки по глубине (для сеялки СЗ).....	4 стр.
3.2 Расчет тягового сопротивления сошников (для посевого агрегата АУП).....	3 стр.
3.3 Кинематическое исследование.....	6 стр.
3.4 Динамическое исследование.....	5 стр.
3.5 Определение рабочей длины катушки высевающего аппарата для заданной нормы высева.....	2 стр.
2.3 Технологический расчет сеялки (посевого агрегата).	2 стр.
3 Организация использования сеялки (посевого агрегата)	2 стр.
3.1 Проверка технического состояния зерновой сеялки (комбинированного посевого агрегата).....	2 стр.
3.2 Основные регулировки зерновой сеялки посевого агрегата.....	2 стр.
4 Контроль качества посева.....	1 стр.

Выводы и предложения. В этом разделе необходимо привести техническую характеристику проектируемой сеялки или посевого агрегата, которая включает:

- состав агрегата (трактор + сеялка);
- ширина захвата, м;
- рабочая скорость, км/ч;
- производительность в час чистой работы, га;
- ширина междурядий, мм;
- число высевающих аппаратов или сошников, шт.;
- глубина заделки семян, мм;
- масса, кг.

Привести необходимые выводы и предложения по каждому разделу курсового проекта.

Выводы и предложения выполняют роль концовки, обусловленной логикой проведения исследования, которая представляет последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении. Заключительная часть предполагает также наличие обобщенной итоговой оценки проделанной работы. Объем не должен превышать 1-3 страниц.

На последней странице выводов и предложений ставится дата завершения работы и личная подпись студента.

Список использованной литературы и источников должен содержать не менее 5 литературных источников, в т.ч. учебники, учебные пособия, статьи в периодической печати, научных, научно-практических изданиях, Интернет-ресурсы, которые фактически использованы в курсовом проекте.

В основном тексте проекта обязательны ссылки на конкретный литературный источник. Литература представляется в алфавитном порядке.

В приложениях приводятся дополнительные материалы, относящиеся к курсовому проекту, которые студент считает необходимыми представить, но которые не стоит включать в основной текст проекта. Материал в приложениях располагается в порядке появления ссылок на них в тексте. Каждое приложение должно начинаться с нового листа и иметь название. Приложения в общий объем курсовой работы не входят. В приложения можно вынести таблицы, а анализ цифрового материала разместить в основном тексте. В приложения могут быть вынесены схемы необходимые для иллюстрации и подтверждения выводов курсового проекта. За достоверность всех расчетов курсового проекта несет ответственность его автор.

2 СПОСОБЫ ПОСЕВА, ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА, АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СЕЯЛКАМ

Способ посева зависит от почвенно-климатических условий зоны, предшественника, сорта растения, а также от используемой техники. При почвозащитном варианте используют стерневые и зернопрессовые сеялки. Зерновые культуры сеют рядовым или узкорядным способами. Разбросной подпочвенный способ посева обеспечивает более равномерное размещение растений по площади, создавая условия для лучшего развития корневой системы, лучшей кустистости и продуктивности. Благодаря равномерному развитию растения быстрее смыкаются, угнетая сорняки и сохраняя влагу в почве, при этом улучшается водный и пищевой режим.

Глубина заделки семян дифференцируется по зонам, в зависимости от предшественников, влажности и качества обработки почвы, сроков посева, качества посевного материала. На хорошо увлажненной и обработанной почве семена заделываются на глубину 3-4 см, на тяжелых глинистых почвах – на 5-6, легких – 6-7, при пересыхании верхнего слоя почвы – 7-8 см.

Норма высева семян, которую устанавливают непосредственно в хозяйстве, зависит от плодородия почвы, предшественников, сроков и способа посева.

К посевным агрегатам и сеялкам установлены агротехнические требования, которые сводятся к следующим основным пунктам:

- посев следует проводить в оптимальные сроки в данной зоне семенами не ниже 3 класса посевного стандарта, равномерно распределять семена по площади поля, соблюдая установленную норму высева, равномерно заделывать семена на заданную глубину;
- допустимые отклонения глубины заделки семян и удобрений
- $\pm 15\%$, нормы высева семян $\pm 1,5\%$, нормы внесения удобрений
- $\pm 10\%$;
- допустимая неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами: семян зерновых – 3%, семян зернобобовых – 4%, гранулированных удобрений – 10%;
- отклонение ширины стыковых междурядий у смежных сеялок не должно превышать 2 см, в смежных проходах 5 см, огрехи, пересевы и незасеянные поворотные полосы не допускаются;
- разрыв во времени между предпосевной обработкой почвы и посевом должен составлять не более суток;
- после посева поле выравнивают шлейфом, а при необходимости прикатывают катками. Поле, обработанное по противоэрозионной системе, после посева должно иметь малогребнистую поверхность, а на поле должно сохраняться не менее 60% пожнивных остатков или стерни.

Для обеспечения растений расчетной площадью питания различают следующие способы посева:

- рядовой способ используют для посева зерновых и зернобобовых культур с междурядьем 15 см;
- узкорядный способ является разновидностью рядового способа посева с междурядьем 7-8 см;
- перекрестный посев в двух взаимно перпендикулярных направлениях соответственно с уменьшенной в 1,5-2 раза нормой высева в каждом направлении;
- разбросной посев с междурядьем 25-30 см по стерневому фону;
- широкорядный способ используют для пропашных культур, которые высевают с междурядьем 45-90 см, что обеспечивает возможность механизированной обработки в период их вегетации;
- ленточный способ применяется при посеве овощных культур. Несколько рядов, называемых строчками, объединяют в группы – ленты. В зависимости от количества строчек в ленте, ленточный посев бывает 2-х-, 3-х-строчный. Ширину лент и их расположение выбирают так, чтобы рабочие органы культиватора во время обработки растений не повреждали растения;
- пунктирный способ (точечный) характеризуется тем, что семена в ряду размещены на одинаковом расстоянии. Используется для посева пропашных культур.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕЯЛКИ

Исходные данные для проектирования студенты принимают по приложению 5 согласно варианту, выданного преподавателем.

Проектирование и технологический расчет сеялки или посевного агрегата должны включать следующие разделы:

- определение усилия на штоке гидроцилиндра при переводе рабочих органов сеялки (посевного агрегата) из рабочего положения в транспортное;
- изучение устойчивости хода сошника сеялки по глубине;
- расчет тягового сопротивления сошников посевного агрегата;
- кинематическое и динамическое исследования;
- определение рабочей длины катушки высевающего аппарата;
- технологический расчет сеялки (посевного агрегата).

3.1 Определения усилия на штоке гидроцилиндра при переводе рабочих органов сеялки из рабочего положения в транспортное

Силы, действующие на рабочие органы сельскохозяйственных машин и органы их управления, делят на активные силы и силы сопротивления.

Активными называют силы, обеспечивающие движение звеньев механизма или всей машины, например усилие на штоке гидроцилиндра.

Силы сопротивления – это силы, которые препятствуют движению звеньев или всей машины, например сила тяжести машины при подъеме из рабочего положения в транспортное.

При решении некоторых задач приходится определять усилия, которые необходимо приложить для перемещения звеньев или всей машины, или определить активную силу, необходимую для преодоления сил сопротивления. Эта задача в общем курсе теории механизмов и машин решается методом Н. Е. Жуковского с построением плана скоростей. Г. Д. Терсков предложил свой метод, классификация которого представлена в виде схем (рис. 1).

В четырехзвеннике различают следующие виды звеньев:

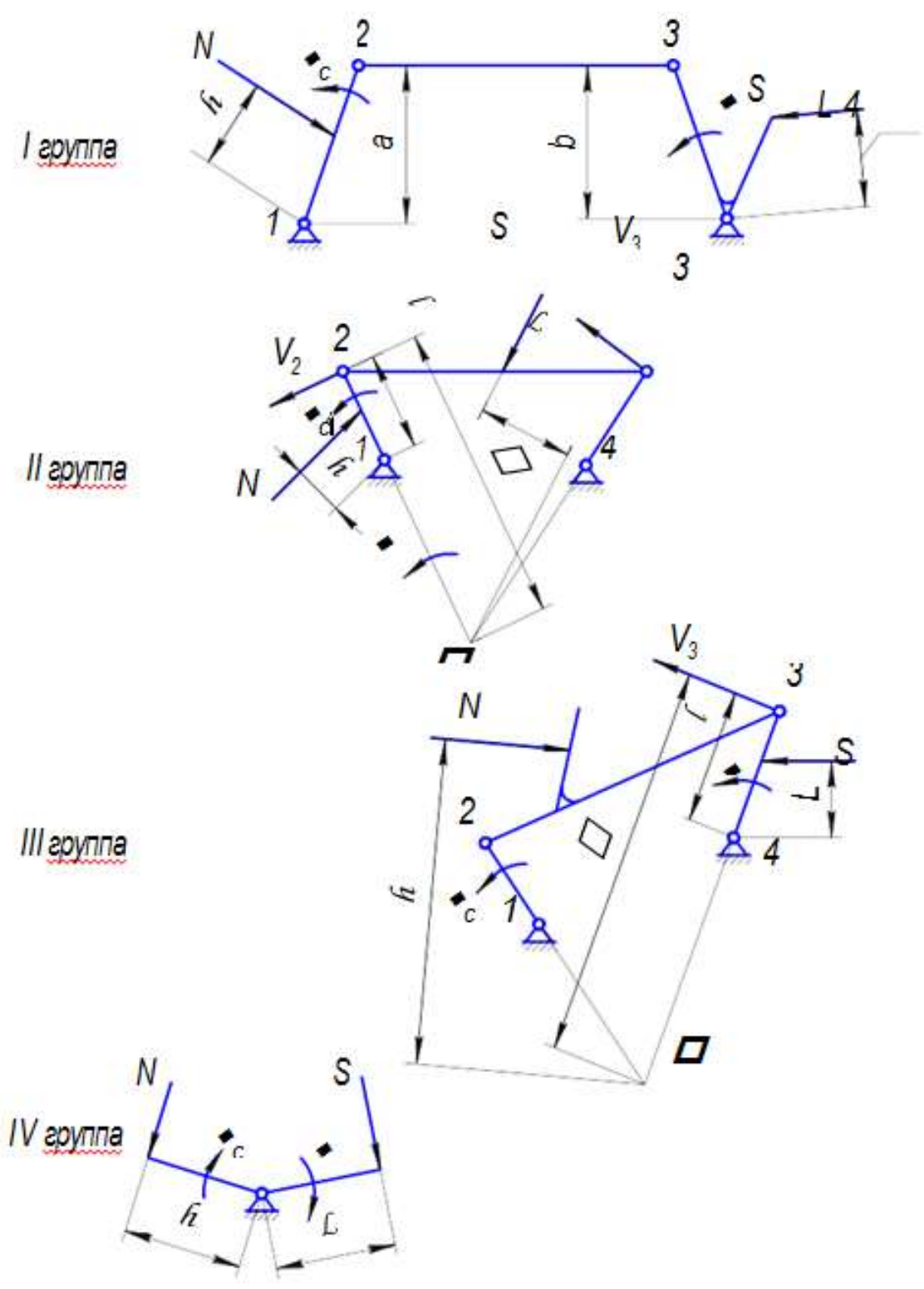


Рисунок 1 - Группы механизмов

- кривошипы – звенья, имеющие постоянный центр вращения, соединенные каким-либо звеном;
- шатуны – звенья, не имеющие постоянного центра вращения, т.е. активная сила приложена на любом участке;
- стойки – неподвижные звенья или опоры.

Ведущим называют звено, к которому приложены активные силы, ведомым – звено, к которому приложены силы сопротивления.

По этому методу искомая активная сила определяется по формуле:

$$S = \frac{M_c}{L \eta i}, \quad (1)$$

где M_c – момент от сил сопротивления:

$$M_c = \Sigma N_i h_i \quad (2)$$

h_i – плечо силы сопротивления N_i (это перпендикуляр из центра вращения звена, к которому приложена сила N_i на направление действия этой силы);

L – плечо активной силы S (перпендикуляр из центра вращения звена, к которому приложена сила S на направление этой силы);

η – КПД механизма, (0,88-0,95);

i – передаточное отношение механизма.

По способу определения передаточных отношений, существующие элементарные механизмы Г. Д. Терсков разделил на четыре группы. Группа механизмов зависит от того, какое звено является ведущим, а какое ведомым.

1. Если ведущим звеном является один из кривошипов, а ведомым другой кривошип четырехзвенника, то механизм относится к первой группе.

В этом случае

$$I = \frac{\omega}{\omega_c} = \frac{a}{b} \quad (3)$$

где ω – угловая скорость вращения ведущего звена, c^{-1} ;

ω_c – угловая скорость вращения ведомого звена, c^{-1} ;

a – перпендикуляр на шатун из центра вращения ведомого звена, м;

b – перпендикуляр на шатун из центра вращения ведущего звена, м.

2. Если ведущим звеном является шатун, а ведомым один из кривошипов, то механизм относится ко второй группе.

В этом случае

$$I = \frac{L}{\lambda} \quad (4)$$

где L – длина ведомого звена;

λ – расстояние от шарнира, соединяющего ведущее и ведомое звенья,

до мгновенного центра вращения шатуна π , расположенного на пересечении перпендикуляров к скоростям конечных точек шатуна, m .

3. Если ведущим звеном является один из кривошипов, а ведомым – шатун, то механизм относят к третьей группе.

В этом случае

$$I = \frac{L}{\lambda} \quad (5)$$

где L – длина ведущего звена;

λ – расстояние от шарнира, соединяющего ведущее и ведомое звенья, до мгновенного центра вращения шатуна π , расположенного на пересечении перпендикуляров к скоростям конечных точек шатуна, m .

4. Если ведущие и ведомые звенья жестко связаны между собой, то механизм относят к четвертой группе, в этом случае ведущее и ведомое звенья вращаются с одинаковой угловой скоростью или $I = 1$.

Встречаются случаи, когда ведущее и ведомое звенья связаны между собой не простейшим четырехзвенным механизмом, а сложной кинематической цепью, тогда:

$$I = I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_n, \quad (6)$$

где I_1, I_2, \dots, I_n – передаточные отношения элементарных четырехзвенников, входящих в кинематическую цепь.

Поэтому, для определения общего передаточного отношения необходимо выявить из сложного механизма простейшие четырехзвенники, определить их группы и подсчитать их передаточные отношения. Произведение полученных передаточных отношений отдельных четырехзвенников определит передаточное отношение механизма в целом. При определении передаточных отношений встречаются промежуточные механизмы, не нагруженные внешними силами. В промежуточных механизмах ведущим называют звено, которое первым воспринимает действие активной силы, а ведомым – звено, которое первым воспринимает действие силы сопротивления.

Согласно варианту задания на курсовое проектирование, выданного преподавателем, вычертить на ватмане формата А1 в удобном масштабе (1:4, 1:10) схему механизма сеялки или агрегата в транспортном и в рабочем положениях. Для этого необходимо воспользоваться параметрами механизмов, приведенных в таблице 1 для транспортного положения сеялки или агрегата, а обозначения параметров таблицы 1 указаны на рисунках 2, 3.

Для размещения схемы на листе, ссылаясь на рисунке 2, необходимо выбрать начало координат некую точку M и провести оси координат X и Y . Для проектирования сеялки типа СЗ-3,6 или СЗУ-3,6 начало координат приходится на центр основного вала, приводимого во вращение

гидроцилиндром через кулак М-В.

Далее находятся положения точек А, F и N. Из этих точек соответствующими радиусами проводятся дуги, на пересечении которых находятся точки В, С, D. Из точки N радиусами L_7 и L_8 проводятся дуги, на конце которых расположены дисковые сошники диаметром d . Поверхность почвы располагается от нижней точки сошников на высоте h_{TP} .

Для построения схемы посевного агрегата, АУП, ссылаясь на рисунок 3, также необходимо выбрать начало координат в точке O, провести оси координат X и Y. В этом случае началом координат является нижняя поперечная балка рамы посевного агрегата. Затем из точек А и В проводятся соответствующие дуги радиусами S_{min} , L_1 и L_2 . Точки С и F являются центрами опорных колес.

Далее достраивается передняя часть рамы с точкой K и задняя секция с точками M, N и P.

Далее по схеме необходимо определить размеры всех звеньев, участвующих в перемещении сошниковой группы и привести данные в виде таблицы 2, пример которой показан ниже.

Показатели	Обозначение (рис. 2)	СЗ-3,6 СЗУ-3,6 (мм)	Показатели	Обозначение (рис. 3)	АУП-18 (мм)
Координаты крепления гидроцилиндра на снице	ХА	- 620	Координаты крепления гидроцилиндра на раме	ХА	700
	УА	20		УА	40
Координаты первичного круглого вала	Х _м	0	Координаты опоры перемещения колес	ХВ	1400
	У _м	0		УВ	70
Координаты квадратного вала	ХЕ	220	Координаты переднего опорного колеса	ХС	- 550
	УЕ	- 20		УС	- 170
Координаты точки подвеса нажимных штанг	ХF	360	Координаты шарнира поводка колеса	ХК	- 700
	УF	5		УК	380
Диаметр дисковых сошников	d	350	Диаметр опорных и транспортных колес	d1	900
Длина гидроцилиндра	S MAX	700	Диаметр прикатывающего катка	d2	500
	S MIN	500			
Координаты точки крепления сошников	XN	0	Длина гидроцилиндра	S MAX	750
	YN	- 350		S MIN	500
Размер звена М-В	L1	150	Длина сошника	Н	520
Размер звена М-С	L2	100	Размер звена Е-В	L1	210
Размер звена С-Д	L3	145	Размер звена В-F	L2	650
Размер звена D-E	L4	95	Размер звена М-N	L3	950
Размер звена Е-F	L5	140	Размер	L4	200
Размер нажимных штанг	L6	410- 440	Размер	L5	600
Размер короткого поводка	L7	530	Размер (транспортное пол.)	L6	2150
Размер длинного поводка	L8	850	Размер (транспортное пол.)	L7	1100

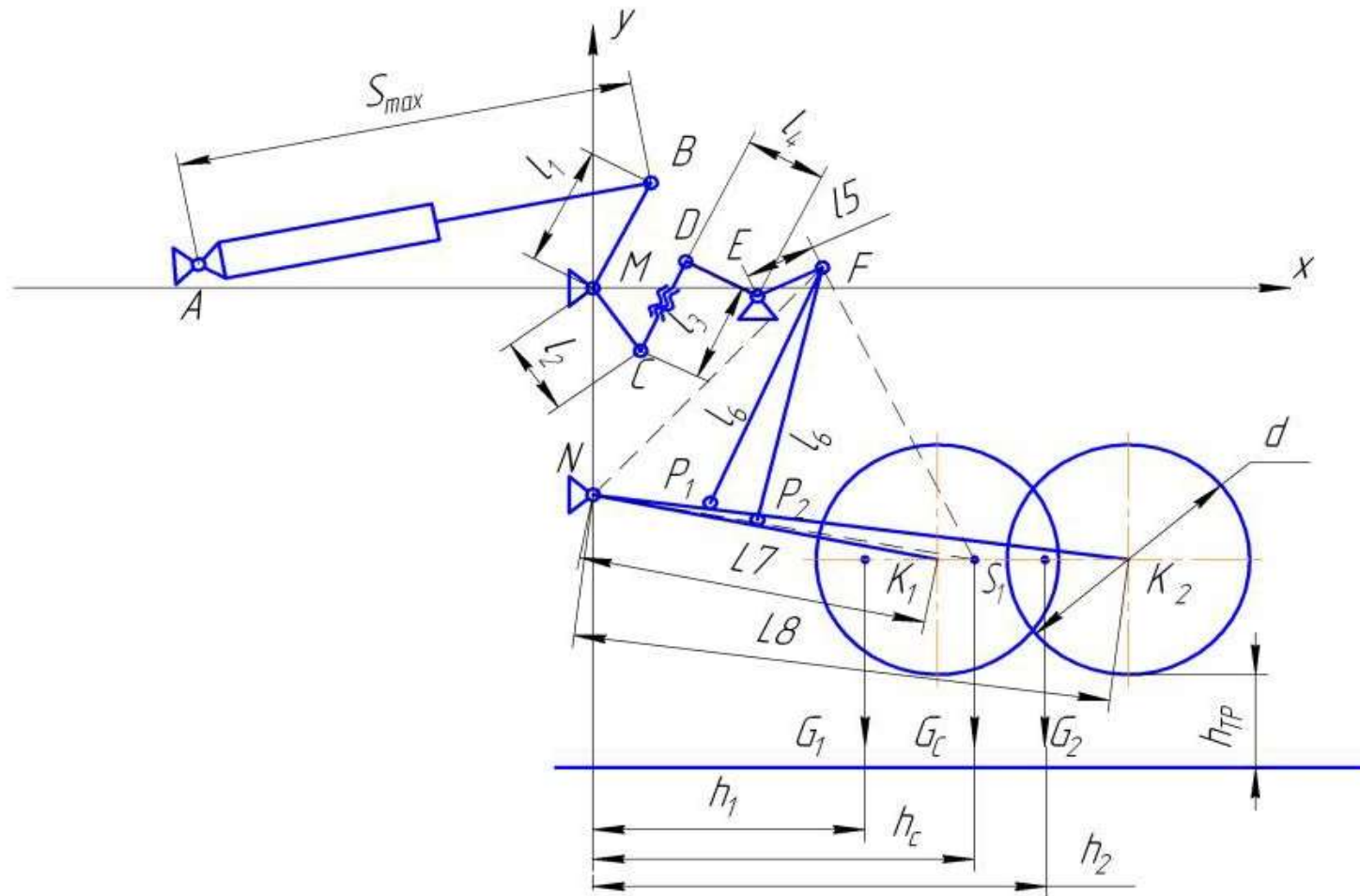


Рисунок 2 - Схема механизма подъема сошников сепки СЗ в транспортном положении

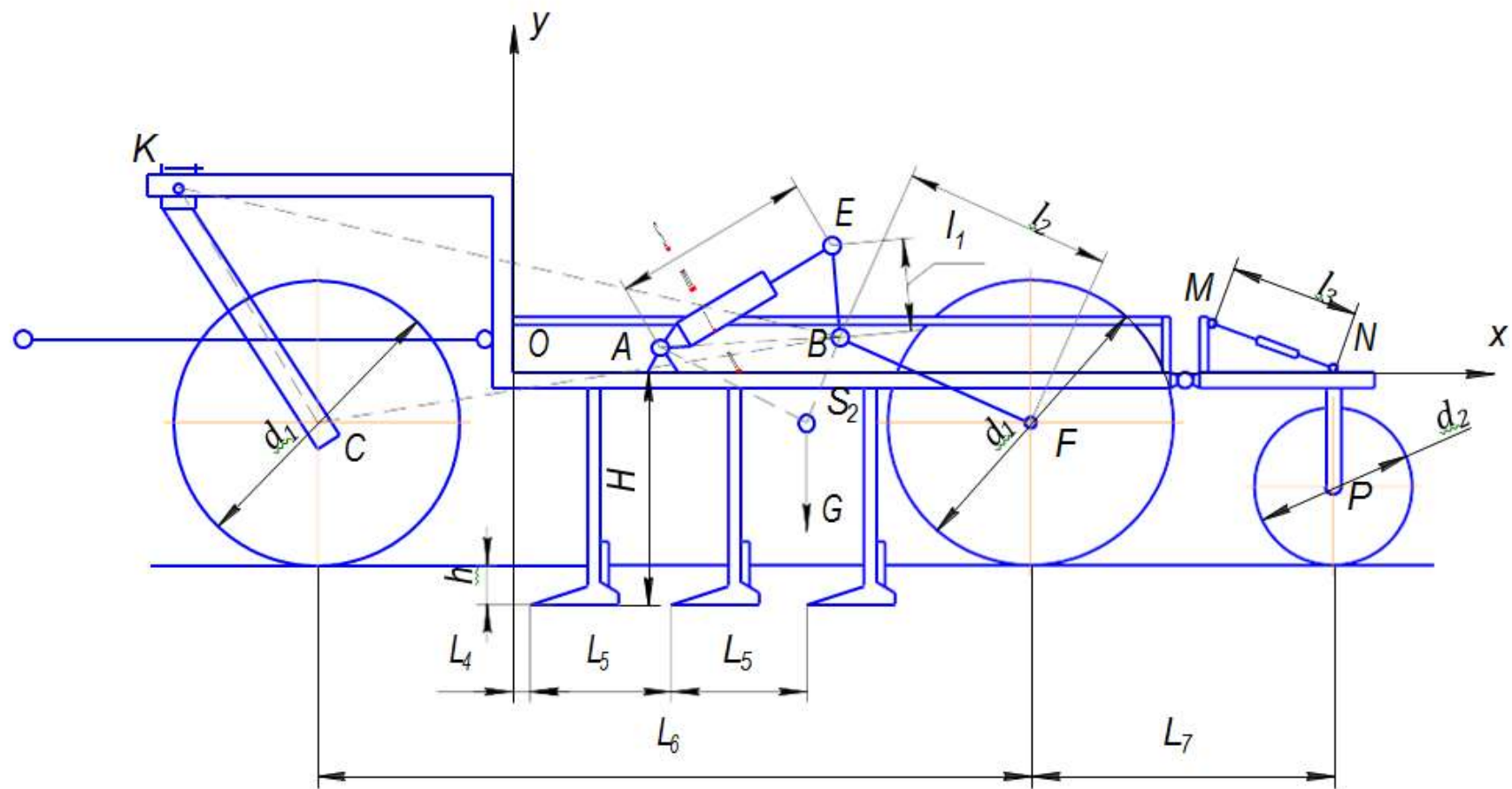


Рисунок 3 - Схема механизма посевного агрегата АУП в рабочем положении

Таблица 2 - Размеры звеньев механизмов сеялки, мм

Звено	LM-B	LM-C	LC-D	L _n
Размер звена				

Принимая во внимание вышеописанный метод Г. Д. Терскова, разбить кинематическую схему механизмов на элементарные и определить количество механизмов, ведущие и ведомые звенья, определить общее передаточное число и момент сопротивления. Данные представить в виде таблицы 3, а затем подсчитать активную силу (использовать таблицу 7). Элементарные механизмы с размерами вычертить на первом листе.

Таблица 3 - Исходные данные для определения силы сопротивления

Механизмы	Ведущее звено	Ведомое звено	Группа механизмов	Передаточное число	Момент сопротивления
В-М-С					
и т.д.					

3.2 Расчет устойчивости хода сошников сеялки по глубине (для сеялки СЗ)

Сошник находится в равновесии при выполнении следующего условия:

$$R \cdot m = G \cdot h + F n \quad (7)$$

где R – равнодействующая всех сил сопротивления, приложенных к сошнику;

G – сила тяжести сошника вместе с поводком; F – сила давления пружины на поводок;

m, h, n – плечи сил R, G и F относительно оси вращения.

Однако условие (7) нарушается ввиду изменения величины и направления силы R , зависящей от физико-механических свойств почвы и микронеровностей поверхности поля. Так как сила R за висит от времени нахождения на том или ином участке, то при изменении силы сошник стремится занять такое положение, при котором условие (7) соблюдается. Например, при увеличении силы R сошник будет выглубляться, что приведет к увеличению давления пружины F до величины, необходимой для восстановления равновесия (рис. 4):

$$F = F_0 + k \cdot x, \quad (8)$$

где F_0 – сила предварительного сжатия пружины, кН;

k – жесткость пружины, кН/м;

x – величина деформации пружины.

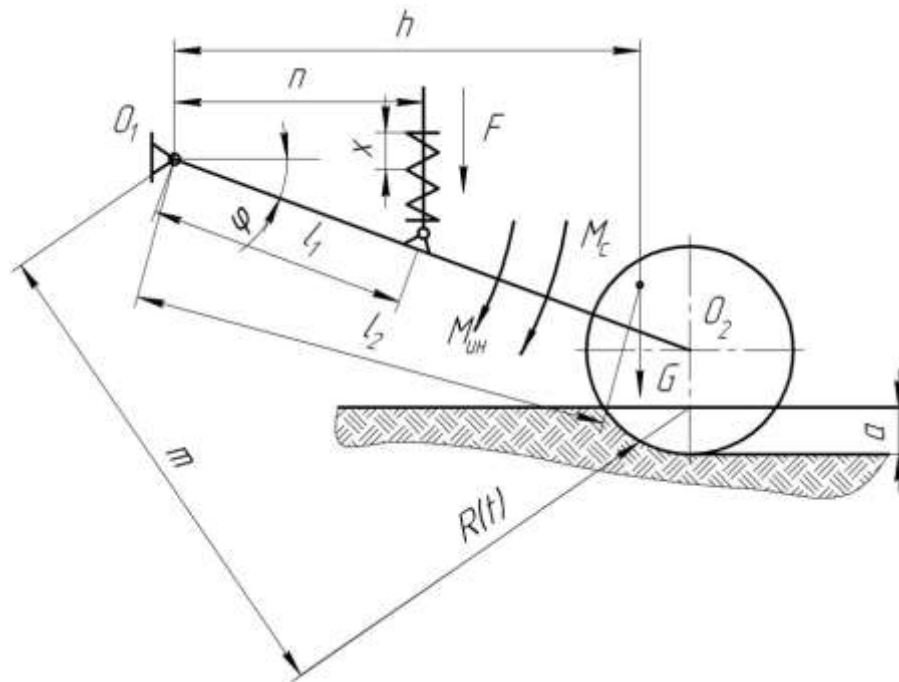


Рисунок 4 - Силы, действующие на дисковый сошник

Таким образом, сошник находится под действием момента возмущающих сил, который сообщает сошнику угловое ускорение (так как сошник вращается только относительно точки O). При нарушении равновесия уравнение (7) примет вид

$$R(t) \cdot m - G \cdot h - F \cdot n = I \cdot \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2} \right) \quad (9)$$

где I – момент инерции сошника с поводком относительно оси вращения O_1 , $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2$;

φ – угол отклонения сошника от положения равновесия, град.

Текущее значение угла наклона поводка

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \varphi,$$

где φ_0 – начальное равновесное значение угла наклона поводка.

В уравнении (9) не учтен момент от силы сопротивления почвы вертикальным перемещением сошника. Этот момент можно считать пропорциональным скорости поворота сошника

$$M = b \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)$$

где b – коэффициент пропорциональности.

Момент сопротивления M_C всегда действует в сторону, противоположную перемещению сошника.

Подставим момент МС в уравнение (9)

$$R \cdot (t) \cdot m - G \cdot h - F \cdot n = I \cdot \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + b \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) \quad (10)$$

Сила F в уравнении (8) выражается через угловое колебание сошника φ . Тогда деформацию пружины, согласно рисунку 4, определим:

$$X = 2L_0 \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

Так как для малых углов $\sin \varphi \approx \varphi$, то по уравнению (8) $F = F_0 + k \cdot L_0 \cdot \varphi$, уравнение (10) примет вид:

$$R \cdot (t) \cdot m - G \cdot h - F \cdot n = I \cdot \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + b \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) + K \cdot L_0 \cdot \varphi \cdot n \quad (11)$$

Введем следующие обозначения: $d = I \cdot \gamma$; $\frac{k \cdot L_0 \cdot n}{I} = \omega^2$

γ имеет значение и размерность (2-3) c^{-1} , тогда имеем:

$$\left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + \gamma \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) + \omega^2 \varphi = \frac{R(t) \cdot n - Gh - F_0 \cdot n}{I} \quad (12)$$

Так как сила R(t) постоянно изменяется, то нельзя указать, какую величину и какое направление она будет иметь в каждый следующий момент времени. Поэтому аналитическое решение уравнения (12) трудно выполнимо, так как оно относится к типу случайных. Если предположить, что сила R(t) изменяется по гармоническому закону с частотой ρ в секунду, то решение упрощается. Допустим, что:

$$R(t) = R_0 + R_1 \cos pt,$$

где R_0 – среднее значение силы сопротивления;

R_1 – переменная составляющая силы сопротивления.

Тогда уравнение (12) можно записать так:

$$\left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + \gamma \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) + \omega^2 \varphi = \frac{R_1 \cdot m \cdot \cos pt}{I} \quad (13)$$

Для заданной частоты

$$\varphi_0 = \frac{R_1 \cdot \cos pt}{I \sqrt{(\omega^2 - p^2) + \gamma^2 p^2}} \quad (14)$$

Анализируя уравнения (13) и (14) можно заключить:

возрастание силы G или F0 сопровождается увеличением глубины хода сошника, так как растет сила R0;

увеличение момента инерции сошника улучшает устойчивость его хода.

Пользуясь данными таблицы 4 построить график $\varphi_0 = f(k)$. (нечетные варианты заданий). Для $\rho = 0$ и $\cos pt = 1$ уравнение (14) можно упростить

По исходным данным заполнить таблицу 4

Таблица 4 – данные для расчета сошника

$R_l, \text{Н}$	$I, \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$	$k, \text{Н/м}$	$\varphi_0, \text{град}$
10	0,7	2000	
11	0,72	3000	
12	0,74	4000	
13	0,76	5000	

Для четных вариантов необходимо воспользоваться данными таблицы 5 и построить график $\varphi_0 = f(I)$. Принять $\rho = \omega$ и $\cos pt = 1$ при этом уравнение (14) упрощается до следующего вида:

$$\varphi_0 = \frac{R_1 m}{\gamma \sqrt{I \cdot L_0 \cdot k \cdot n}} \quad (15)$$

Графики предлагаемых зависимостей строятся на первом листе графической части вместе со схемой положения сошниковой группы в рабочем положении (ориентировочный масштаб 1:4). Определить по углу колебания пределы заделки семян по глубине и соответствие его с АТТ.

Таблица 5 Данные для расчета сошника

$R_l, \text{Н}$	$k, \text{Н/м}$	$\gamma, \text{с}^{-1}$	$I, \text{Н м с}^2$	$\varphi_0, \text{град}$
12	3300	2,5	5	
13	3500	2	7	
14	3700	2,5	9	
15	3500	2	11	

3.3 Расчет тягового сопротивления сошников (для посевного агрегата АУП)

Расчет тягового сопротивления сошников проводится при проектировании посевных агрегатов типа АУП-18. Для такого расчета, прежде всего, необходимо приложить к сеялке все внешние силы

Когда сеялка находится в рабочем положении, вся масса ее опирается на

пару передних колес и на задние прикатывающие катки в это время транспортные колеса перекатываются по почве. В момент, когда сеялка переходит из рабочего положения в транспортное, пара транспортных колес за счет гидроцилиндра подкатывается под агрегат по поверхности почвы. В этом положении нагрузка снимается с задних опорных катков, и основной вес агрегата передается на транспортные колеса. В этот момент на сеялку действуют следующие внешние силы (рис. 5): $P_{\text{ТЯГ}}$ – тяговое усилие; GM – сила тяжести агрегата; R_1 – опорная реакция на оба транспортных колеса; R_2 – реакция на оба опорных колеса;

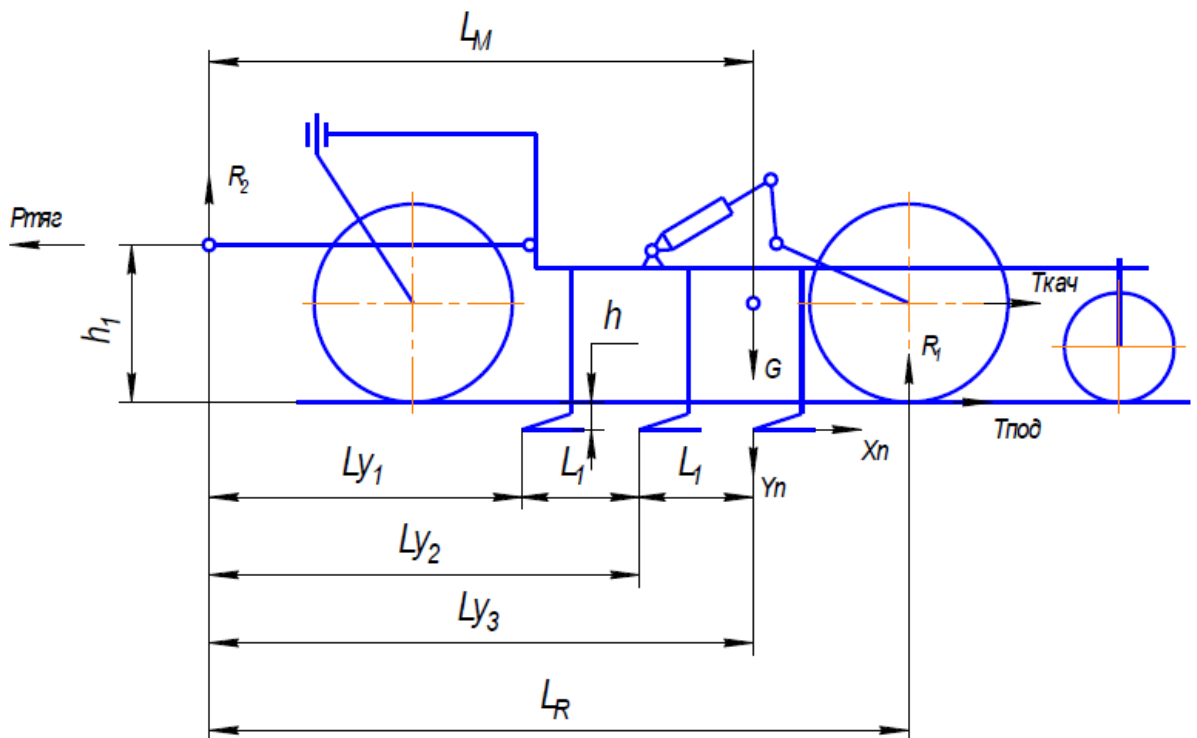


Рис. 5. Схема действия сил на агрегат АУП-18 во время подъёма

$T_{\text{КАЧ}}$ – сила сопротивления перекатыванию колес;

$T_{\text{ПОД}}$ – сила сопротивления подъему рабочих органов;

$X = n \cdot x_i$ – горизонтальная составляющая сопротивления сошников, (n – число сошников); $Y = n \cdot y_i$ – вертикальная составляющая сопротивления сошников.

Тяговое усилие приложено в точке крепления дышла агрегата к раме. Искомое тяговое усилие $P_{\text{ТЯГ}}$, необходимое для преодоления всех вышеуказанных сопротивлений, определится из условий равновесия сил.

Проектируя все действующие в этот момент силы на горизонтальную ось, получим:

$$P_{\text{ТЯГ}} = T_{\text{КАЧ}} + n \cdot x_i + T_{\text{ПОД}} \quad (17)$$

Сопротивление перекачиванию колес $T_{КАЧ}$ определится из следующего выражения:

$$T_{КАЧ} = \mu^1 \cdot R_1 \quad (18)$$

где μ^1 - коэффициент сопротивления качению, принимаем равным 0,25

Опорную реакцию R_1 находим из уравнения моментов сил относительно точки А:

$$R_1 = \left(\frac{1}{L_R}\right) [G_m L_m \sum n_i \cdot \gamma_i \cdot L_{\gamma-i} - n \cdot x_i (h_1 - d/2) - T_{ПОД} \cdot h_1] \quad (19)$$

Подставив значение R_1 в уравнение (17) и имея в виду значение (18) после некоторых преобразований получим:

$$P_{ТЯГ} = \frac{[G_m \cdot L_m + \sum n_i \cdot x_i y_i \cdot L_{y_i}] + n \cdot x_i [1 - \mu^1 (h_1 - d/2) / L_R] + T_{ПОД} \left[\frac{1 - \mu^1 (h_1 - d/2)}{L_R} \right]}{L_R} T, \quad (20)$$

где x_i и y_i – составляющие сопротивления, действующие на один сошник;

n – общее число сошников на сеялке;

n_i – число сошников в одном ряду;

h – глубина хода сошников, см;

$T_{ПОД}$ – принимается 2500 Н.

Рассчитать $P_{ТЯГ}$, сравнить с табличным значением (прил. 6) и подобрать трактор.

В транспортном положении агрегат движется с поднятыми сошниками, и тяговое усилие преодолевает только одно сопротивление перекачиванию ходовых колес:

$$P_{ТЯГ} = \frac{\mu^1 \cdot G_m \cdot L_M}{L_R} \quad (21)$$

Схема действующих сил вычерчивается на первом листе графической части вместе со схемой положения сошниковой группы в рабочем положении (ориентировочный масштаб 1:10). При изображении агрегата использовать вспомогательную таблицу

При определении $R_{\text{ТЯГ}}$ по выражению (20) предварительно вычислим значение члена $\sum n_i y_i L_{y1}$.

Для трехрядного размещения сошников ($k = 3$) будем иметь

$$\sum n_i y_i L_{y1} = (n_1 \cdot L_{y1} + n_2 \cdot L_{y1} + n_3 L_{y1} + n_2 \cdot L + 2n_3 L) \cdot y_i \quad (22)$$

или

$$\sum n_i y_i L_{y1} = [n_1 \cdot L_{y1} + (n_2 + 2n_3)L] \cdot y_i \quad (23)$$

Имея в виду, что $y_i = m x_i$, получим окончательно

$$\sum n_i y_i L_{y1} = [n_1 \cdot L_{y1} + (n_2 + 2n_3)L] \cdot m \cdot x_i, \quad (24)$$

где n_2 и n_3 – число сошников соответственно во втором и третьем рядах;

L_{y1} – расстояние по горизонтали от точки опоры переднего колеса до первого ряда сошников;

L – расстояние между соседними рядами сошников,

m – соотношение между горизонтальной и вертикальной составляющими сил сопротивления сошника, принимается равным 0,46.

Тяговое сопротивление одного сошника R_{xi} можно определить по формуле В. П. Горячкина:

$$R_{xi} = 1,1 \cdot k \cdot a \cdot b, \quad (25)$$

где k – удельное сопротивление почвы, кН/м^2 ;

b – ширина захвата сошника, (25 см);

a – глубина хода сошника, см.

Базовые размеры АУП-18 приведены в таблице 6, и указаны на рисунках 3 и 5

Таблица 6 - Базовые размеры АУП-18

Обозначение	Размер, мм
LM	3450
LY1	2120
LY2	2770
LY3	3420
LR	3550
h1	620
d1	900

3.4 Кинематическое исследование

Задачей исследования кинематики механизмов звеньев сеялки является изучение движения звеньев механизмов. Из курса теоретической

механики известно, что плоскопараллельное движение твердого тела, представлено как вращение вокруг некоторой точки, называемой мгновенным центром вращения. В механизмах можно рассматривать движения звеньев относительно любого из звеньев механизма. Если движение звена относительно опоры принять за абсолютное движение в случае, когда весь механизм с опорой перемещается, то соответствующий мгновенный центр вращения будет мгновенным центром вращения в абсолютном вращении рассматриваемого звена. Если рассматривается движение звена относительно любого другого подвижного звена механизма, то соответствующий мгновенный центр вращения будет мгновенным центром вращения в относительном движении.

Из курса теории механизмов и машин известно, что кинематическое исследование механизмов состоит в основном в решении следующих задач:

- Определение положений звеньев и траекторий, описываемых точками звеньев;
- определение скоростей звеньев и отдельных их точек.

Решение первой задачи проводится графическим способом. Для этого строится кинематическая схема сеялки или посевного агрегата в выбранном масштабе. Закон движения ведущего звена задается в виде функции угла α от времени t . При кинематическом исследовании обычно принимается закон движения ведущего звена – линейным, а значит скорость его движения постоянная.

Координаты базовых точек сеялок представлены на рисунках 2, 3 и 5 задаются при помощи таблицы 1 и вспомогательной таблицы 6.

При кинематическом исследовании сеялки типа СЗ-3,6 выбирается масштаб (рекомендуется 1:4). Затем на листе ватмана формата А₁ проводятся оси координат X и Y. Построение сошниковой группы проводится аналогично с вышеупомянутой методикой при помощи таблицы 1 и рисунка 2, далее достраиваются остальные узлы сеялки в рабочем положении.

Определение положений звеньев механизма ведется последовательно, начиная с перемещения точки В штока гидроцилиндра. Вначале вычерчиваются траектории движения точек В, С, D, F, K₁ и K₂ радиусами MB и MC из точки M, радиусами ED и EF из точки E, радиусами NK₁ и NK₂ из точки N. Полученные дуги окружностей представляют собой геометрическое место данных точек для любого отрезка времени. Когда шток гидроцилиндра полностью задвинут, сошники сеялки опущены в рабочее положение, причем в этом положении имеется возможность добиться точной глубины посева за счет вкручивания или выкручивания регулировочного винта, расположенного на снице сеялки. При заданной высоте подъема сошников или по известным параметрам гидроцилиндра определяется положение точки В на дуге BB¹. Положение точки В дает возможность найти положение остальных точек методом засечек на

соответствующих траекториях их движения, которыми являются дуги CC^1 , DD^1 , FF^1 , $K_1K_1^1$, дуге отклонится на такой же угол как и точка В относительно точки N. Длина нажимных штанг FP_1 и FP_2 не меняется и из точки F^1 делаются засечки радиусами L_5 на поводках сошников,

Если в задании задается дорожный просвет, тогда перемещение и определение положения звеньев ведется от точек K_1 и K_2

через неподвижные точки N, E и M. В результате определяется положение точки В и длина хода штока гидроцилиндра.

При кинематическом исследовании посевного агрегата АУП принять масштаб 1:10. Провести оси координат X, Y и провести линию поверхности поля. Пользуясь таблицей 1 и ориентируясь на рисунок 3, 5. изобразить посевной агрегат в рабочем положении. Ориентируясь на рисунок 5 и используя данные таблицы 6, оформить агрегат на листе ватмана формата А1. Далее на этой же схеме изобразить транспортное положение агрегата, имея в виду, что условным центром вращения будет являться точка С (рис. 3).

Определение положений звеньев механизма ведется последовательно, начиная с перемещения точки E штока гидроцилиндра. Вначале вычерчиваются траектории движения точек E и F радиусами EB и FB из точки В. Полученные дуги окружностей представляют собой геометрическое место данных точек для любого отрезка времени. Когда шток гидроцилиндра полностью задвинут, сошники сеялки опущены в рабочее положение, в это время заднее транспортное колесо находится на поверхности почвы. При максимальном выдвигении гидроцилиндра точки E и F перемещаются по часовой стрелке, в это время транспортное колесо подкатывается ближе к заднему ряду рабочих органов, выглубляя их из почвы вместе с рамой. При подкатывании транспортного колеса траектория точки В будет представлять собой дугу радиусом СВ, проведенную из точки С.

После определения местоположения точки В транспортном положении (ВТ), необходимо определить положение рамы сеялки, для чего вводятся дополнительные линии или точки.

В качестве дополнительной точки принимаем точку F_T – положение транспортного колеса при выглубленном агрегате. Соединив точку К с точками С и В, получим треугольник КСВ. После перемещения точки В положение B_T на стороне CB_T достраиваем такой же треугольник КСВ_T методом засечек. Полученная точка ВТ является принадлежностью новой системы координат, относительно которой строится система координат $X_1O_1Y_1$ для транспортного положения.

Теперь в новой системе координат необходимо построить агрегат, находящийся в транспортном положении, причем передние и транспортные

колеса должны находиться на поверхности почвы. Принимая во внимание рисунок 5 и данные таблицы 6, дополнить агрегат прицепным устройством, бункером и пространственной рамой.

3.4.1 Определение скоростей движения звеньев механизма подъема сошников

Распространенным методом определения скоростей движения звеньев механизма второго класса является метод планов скоростей. Определение скоростей механизма третьего класса может быть произведено методом точек Ассура. Определение скоростей движения звеньев механизма подъема сошников сеялки производится для начала и конца их подъема в транспортное положение. В выбранном масштабе строится кинематическая схема механизма подъема сошников в двух положениях – рабочем и транспортном с произвольно выбранным полюсом в точке Р. Скорость подъема зависит от размеров гидроцилиндра и производительности масляного насоса. Скорость движения поршня определяется по формуле:

$$V_B = 22 \cdot 10^{-6} \cdot Q_H \cdot /d^2 , \quad (26)$$

где $22 \cdot 10^{-6}$ – переводной коэффициент;

Q_H – производительность насоса гидросистемы трактора, л/мин.;

d – диаметр поршня гидроцилиндра.

При построении и определении усилия на штоке гидроцилиндра в момент перевода сошниковой группы в транспортное положение для удобства, по теореме Н. Е. Жуковского о жестком рычаге, примем следующую методику:

- план скоростей строится повернутым на 90^0 по часовой стрелке;
- масштаб плана скоростей принимается таким, чтобы вектор скорости первой определяемой точки (В) (рис. 2) был равен длине первого звена (ВМ);
- полюс плана скоростей выбирается в одном из неподвижных шарниров.

Построение плана скоростей для сеялок типа СЗ и СЗУ

План скоростей (рис. 6) целесообразно строить на свободном месте второго листа, чтобы не затенять основной чертеж.

Так как в нашем случае имеются три неподвижные точки – М, Е и N (рис. 2), то они будут являться полюсом плана скоростей (точка Р). Из полюса Р откладывается вектор РВ параллельно звену

МВ и вектор РС – параллельно звену МС. Скорость точки D определяется на основе теоремы подобия плана скоростей, согласно которой треугольник, построенный на плане механизма, подобен треугольнику, построенному на плане скоростей. Соединив точки С и D на плане

механизма, получаем треугольник MCD . Из конца вектора PC проводим прямую, параллельно звену CD , а из полюса P прямую, параллельную стороне MD треугольника MCD . Точка пересечения D будет являться концом вектора PD .

Аналогично находим скорость точки F . На плане механизмов строится треугольник DEF , величина и направление вектора PD известны.

Поэтому по вышесказанному условию по подобию треугольников проводим линии, параллельные стороне EF и DF . На пересечении этих линий получим вектор PF .

Для определения скоростей точек P_1 и P_2 применим формулу:

$$V_P = V_F + V_{PF}. \quad (27)$$

В нашем случае известно направление относительной скорости V_{PF} и скорости V_F , из конца вектора V_F проводится прямая, параллельно звену FP_1 , а из полюса P прямая, параллельно звену NK_1 . Полученная на пересечении прямых точка P_1 отмечает конец вектора скорости V_P , выраженный отрезком PP_P .

Скорость центра сошника точки K находится по уравнению:

$$V_{Ki} = V_{Pi} \cdot (NK/NP) \quad (28)$$

Если точка P_1 расположена на звене NK_1 , тогда на плане скоростей вектор этой точки выражается отрезком PK_1 .

Аналогично строится план скоростей с полюсом в точке P_T для транспортного положения сеялки.

После определения скорости движения звеньев механизма подъема сошников, найдем центр тяжести сошниковой группы S_1 . Для определения центра тяжести сошниковой группы сеялки $C3-3,6$ воспользуемся таблицей 7, обозначение из которой даны на рисунке 2.

Центр тяжести сошниковой группы сеялки с дисковыми сошниками находится в точке S_1 , удаленной от оси Y на расстояние h_C . Сила G_C является суммой двух сил: