

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
Кафедра «Техническое обеспечение АПК»

**Методические указания
и задания для выполнения контрольной работы
по дисциплине «Теория рабочих органов
почвообрабатывающих и посевных машин»**

для студентов заочной формы обучения

направление 110800.62 «Агроинженерия»
профиль «Технические системы в агробизнесе»

2015

УДК 631.3

Бричагина А. А. Методические указания и задания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Теория рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин» / А. А. Бричагина, Г. Н. Поляков, Б. Н. Орлов – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2015 – 28с.

Рецензент к.т.н., доцент каф. ЭМТП, БЖД и ПО Степанов Н.В..

Одобрено и рекомендовано к изданию кафедрой «Техническое обеспечение АПК» (протокол № 3 от 24.11.2014 г.) и методической комиссией инженерного факультета (протокол № 3 от 27.11.2014 г.)

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Теория рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин» предназначены для студентов инженерного факультета заочной формы обучения направления 110800.62 «Агроинженерия», профиль «Технические системы в агробизнесе».

Общие указания

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний об основах теории рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, посевных и посадочных машин, машин для внесения удобрений и химической защиты растений от вредителей и болезней.

В результате студент должен овладеть основами технологического расчета машин, решения инженерных задач с использованием основных законов механики, научиться выбирать наиболее рациональные типы рабочих органов машин и орудий, определять и устанавливать оптимальные рабочие режимы, обеспечивающее качественное выполнение технологических операций.

В течение учебного года студенты самостоятельно изучают разделы дисциплины и выполняют контрольную работу, которая сдается на кафедру до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Контрольная работа, к выполнению которой имеются замечания, возвращается студенту для доработки. Студент, к контрольной работе которого нет замечаний, допускается к собеседованию для защиты.

Разделы дисциплины для самостоятельного изучения

1. Технологические основы механической обработки почвы.
2. Силовые и энергетические параметры работы плугов.
3. Условия равновесия плугов.
4. Основы теории рабочих органов борон и культиваторов.
5. Основы теории катков, колес и почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами.
6. Основы теории рабочих органов дисковых орудий.
7. Основы теории рабочих органов посевных машин.
8. Основы теории рабочих органов картофелепосадочных машин.
9. Физико-механические свойства удобрений.
10. Основы теории рабочих органов машин для внесения удобрений.

11. Основы теории рабочих органов машин для защиты растений от вредителей и болезней.

**Рекомендуемая литература для самостоятельного изучения
разделов и выполнения контрольной работы**

Основная литература

1. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные машины [Текст] : учеб. для вузов / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. - М. : КолосС, 2008. - 816 с.

Дополнительная литература

1. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] : учеб. для с.-х. вузов по спец. "Механизация сел. хоз-ва" / Н. И. Кленин, В. А. Сакур. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1994. - 751 с.

2. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] : учеб. для вузов / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов и др.; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

В контрольной работе студент выполняет три задания:

1. Теоретический вопрос.
2. Решение задачи.
3. Расчетно-графическая работа «Построение зубового поля звена бороны»

Выбор варианта заданий производится студентом по двум последним цифрам номера зачетной книжки в таблице 1. Например, если последние цифры номера – 12, выбирается вариант 12.

Контрольная работа выполняется в тетради или на сброшюрованных листах писчей бумаги формата А 4.

Таблица 1 – Варианты заданий для выполнения контрольной работы

Последние цифры номера зачетной книжки	Варианты заданий			Последние цифры номера зачетной книжки	Варианты заданий		
	Задание 1	Задание 2	Задание 3		Задание 1	Задание 2	Задание 3
01	1	1	1	51	21	22	23
02	2	2	2	52	22	23	24
03	3	3	3	53	23	24	25
04	4	4	4	54	24	25	26
05	5	5	5	55	25	26	27
06	6	6	6	56	26	27	28
07	7	7	7	57	27	28	29
08	8	8	8	58	28	29	30
09	9	9	9	59	30	1	2
10	10	10	10	60	1	11	21
11	11	11	11	61	2	12	22
12	12	12	12	62	3	13	23
13	13	13	13	63	4	14	24
14	14	14	14	64	5	15	25
15	15	15	15	65	6	16	26
16	16	16	16	66	7	17	27
17	17	17	17	67	8	18	28
18	18	18	18	68	9	19	29
19	19	19	19	69	10	20	30
20	20	20	20	70	11	21	1
21	21	21	21	71	12	22	2
22	22	22	22	72	13	23	3
23	23	23	23	73	14	24	4
24	24	24	24	74	15	25	5
25	25	25	25	75	16	26	6
26	26	26	26	76	17	27	7
27	27	27	27	77	18	28	8
28	28	28	28	78	19	29	9
29	29	29	29	79	20	30	10
30	30	30	30	80	21	1	11
31	1	2	3	81	22	2	12
32	2	3	4	82	23	3	13
33	3	4	5	83	24	4	14
34	4	5	6	84	25	5	15
35	5	6	7	85	26	6	16
36	6	7	8	86	27	7	17
37	7	8	9	87	28	8	18
38	8	9	10	88	29	9	19
39	9	10	11	89	30	10	20
40	10	11	12	90	1	9	29
41	11	12	13	91	2	8	28
42	12	13	14	92	3	7	27

Продолжение таблицы 1

Последние цифры номера зачетной книжки	Варианты заданий			Последние цифры номера зачетной книжки	Варианты заданий		
	Задание 1	Задание 2	Задание 3		Зада- ние 1	Зада- ние 2	Зада- ние 3
43	13	15	16	93	4	6	26
44	14	15	16	94	5	21	23
45	15	16	17	95	6	29	13
46	16	17	18	96	7	28	14
47	17	18	19	97	8	27	15
48	18	19	20	98	9	26	16
49	19	20	21	99	10	25	17
50	20	21	22	00	11	24	18

ЗАДАНИЕ № 1

Теоретические вопросы

1. Физико-механические свойства почвы.
2. Технологические свойства почвы.
3. Клин – основа рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Классификация клиньев. Взаимодействие клина с почвой.

4. Недостатки плоского клина. Развитие рабочей поверхности плоского клина в криволинейную.
5. Отвалы, типы рабочих поверхностей.
6. Построение поперечного профиля борозды и оборот вырезанного пласта.
7. Силовые характеристики плужного корпуса.
8. Тяговое сопротивление плуга.
9. Энергоемкость вспашки.
10. Коэффициент полезного действия плуга. Энергозатраты на вспашку.
11. Силы, действующие на плуг, условие равновесия плуга.
12. Деформация почвы рыхлительной лапой культиватора. Основные виды рыхления почвы.

13. Деформация почвы полольной лапой культиватора. Условие скольжения корневой системы по лезвию лап.
14. Силовая характеристика зубьев борон.
15. Силовая характеристика культиваторных лап. Способы крепления рабочих органов культиваторов к раме.
16. Основные геометрические параметры дисковых рабочих органов. Расстановка рабочих органов дисков на раме.
17. Влияние установочных и конструктивных параметров дисковых рабочих органов на высоту гребней над дном борозды. Определение условий равновесия дисковых орудий.
18. Соппротивление качению катков и колес.
19. Скольжение и буксование колес (катков).
20. Траектории движения ножа фрезы. Силовая характеристика фрез.
21. Показатели работы фрез (высота гребней на дне борозды, толщина стружки, площадь боковой поверхности стружки, длина пути резания, основные соотношения между углами резания ножа).
22. Закономерности движения семян в катушечном высевальном аппарате. Рабочий объем катушки высевального аппарата. Приведенная толщина активного слоя.
23. Образование бороздки наральниками анкерного и килевидного сошников. Определение ширины бороздки, образуемой двухдисковым сошником.
24. Рабочий процесс вычерпывающего аппарата картофелесажалки (захват клубня ложечкой, фиксация его в ложечке, освобождение клубня зажимом).
25. Расчет элеваторного высаживающего аппарата машины для посадки картофеля.
26. Кинематическое обоснование режимов работы рассадопосадочных машин, перемещение рассады к бороздке, высадка рассады в почву.
27. Физико-механические свойства удобрений.

28. Расчет роторного аппарата с горизонтальной осью вращения для разбрасывания органических удобрений.

29. Теория дискового туковысевающего аппарата (относительное перемещение частиц удобрений по диску, сбрасывание туков).

30. Оценка качества работы опрыскивателей (средний диаметр капли, степень покрытия каплями обрабатываемой поверхности, коэффициент эффективного действия капли, площадь следа капли, степень эффективного покрытия каплями обрабатываемых поверхностей).

ЗАДАНИЕ № 2

1. Определить при какой наибольшей ширине захвата корпуса плуга отвальный пласт займет неустойчивое положение, если глубина вспашки $a = 20$ см.

2. Построить схему оборота пласта почвы и определить угол его наклона δ при вспашке корпусом с лемешно-отвальной поверхностью при взмете пласта. Глубина вспашки $a = 24$ см, ширина захвата корпуса $b = 35$ см.

3. Определить расчетное тяговое сопротивление четырехкорпусного плуга, если коэффициент удельного сопротивления почвы $K = 0,6 \cdot 10^5$ Н/м², глубина вспашки $a = 0,25$ м, ширина захвата корпуса $b = 0,35$ м.

4. Пахотный агрегат состоит из трактора (тяговое усилие 30 кН) и 5-корпусного плуга, у которого два корпуса съемные. Ширина захвата одного корпуса $b = 0,35$ м. Определить, какое число корпусов должен иметь плуг, если коэффициент удельного сопротивления почвы $K = 100$ кПа, глубина пахоты $a = 0,25$ м.

5. Определить расстояние между смежными дисками тракторной двуследной бороны при установке дисков под углом $\beta = 15^\circ$ к линии тяги и получения в первом следе гребней высотой не больше $c = 15$ см, если диаметр дисков $D = 510$ мм.

6. Определить расстояние между смежными дисками широкозахватного луцильника при угле атаки $\beta=35^\circ$ и условии получения гребней высотой не более $c=30$ мм. Диаметр дисков $D=445$ мм.

7. Определить угол атаки луцильника, при котором будет обеспечено качество обработки, соответствующее агротехническим требованиям (высота гребней равна половине глубины обработки), если диаметр диска $D=450$ мм, расстояние между дисками в батарее $b=131$ мм и глубина обработки $a=80$ мм.

8. Определить угол атаки дисков луцильника, если глубина обработки почвы $a=0,07$ м, высота гребней $c=0,5$ см, диаметр дисков $D=450$ мм, расстояние между дисками $b=170$ мм.

9. Определить минимальное расстояние между стойками рыхлительных лап культиватора в направлении движения, если глубина обработки $a=10$ см, вылет носка лапы $l_0=10$ см, угол вхождения лапы в почву $\alpha=30^\circ$ и угол трения почвы о сталь $f=35^\circ$.

10. Определить расстояние между стойками рыхлительных лап культиватора в ряду, если ширина лапы $b=350$ мм, глубина обработки $a=10$ см, угол вхождения лапы в почву $\alpha=30^\circ$, угол трения почвы о сталь $f=35^\circ$. Величина перекрытия между следами соседних лап $b_0=35$ мм.

11. Определить величину перекрытия лап при обработке посадок картофеля с междурядьями $b=0,7$ м, если ширина защитной зоны 10 см. используются стрельчатые лапы с шириной захвата 270 мм и односторонние плоскорежущие лапы шириной захвата 165 мм. Вчертить схему расстановки рабочих органов на крайней и внутренней секциях культиватора.

12. Угол трения лезвия стрельчатой культиваторной лапы о корни сорняков $f_k = 24^\circ$, а о почву $f_n = 28^\circ$. Определить, при каких углах раствора культиваторной лапы γ будет обеспечено скольжение корней сорняков, находящихся в почве, по лезвию лапы, а также значение оптимального угла раствора γ_{opt} с точки зрения наименьшей вероятности забивания.

13. Определить величину перекрытия стрельчатых лап культиватора КПС-4А, если ширина захвата лап первого ряда $b_1=270$ мм, второго ряда $b_2=330$ мм. В каждом ряду установлено по 8 лап.

14. Поле обрабатывается гладким цилиндрическим катком, диаметр которого $D=700$ мм. Угол трения почвы о металл катка $\phi=18^\circ$ и углом трения почвы о почву $\phi_1=22^\circ$. Определить, будет ли происходить сгруживание комков перед катком, если максимальный размер их составляет 80 мм.

15. Определить угол между дисками двухдискового сошника сеялки, если известно, что точка стыка дисков должна находиться на поверхности поля, глубина заделки семян $a = 60$ мм, ширина бороздки по дну $b= 11$ мм.

16. Определить передаточное отношение от ходовых колес к валу высевающих аппаратов сеялки, если норма высева семян $Q=200$ кг/га, насыпная плотность семян $\rho=0,75$ г/см³; диаметр катушки $d_k=5$ см; длина ее рабочей части $l_p=3$ см; число желобков $Z=12$; площадь поперечного сечения желобка $f_{жс}=0,5$ см²; толщина активного слоя семян $C_0=0,8$ см; показатель $m=2,6$; диаметр ходового колеса $D_{хк}=1,2$ м; величина междурядий $b=0,15$ м.

17. Определить длину рабочей части катушки высевающего аппарата, если норма высева $Q=200$ кг/га, передаточное отношение от приводного колеса к валу высевающих аппаратов $i=0,54$. Известно, что диаметр приводного колеса сеялки $D_{хк}=1,2$ м; величина междурядий $b=0,15$ м; наружный диаметр катушки $d_k=5$ см; площадь поперечного сечения желобка $f_{жс}=0,5$ см²; число желобков $Z=12$; приведенная толщина активного слоя $C_v=0,25$ см; насыпная плотность семян $\rho=0,72$ г/см³.

18. При установке овощной сеялки на норму высева $Q=15$ кг/га опытным путем было установлено, что за 30 оборотов приводного колеса 1-й аппарат высеял $q_1=70$ г семян; 2-й – $q_2=58$ г; 3-й – $q_3=74$; 4-й – $q_4 = 69$ г. Диаметр приводного колеса сеялки $D_{хк}=0,7$ м; ширина междурядий $b=0,7$ м; количество высеваемых рядков $m=4$. Определить неравномерность высева семян по ширине захвата сеялки и правильность установки сеялки на заданную норму высева.

19. При установке зерновой сеялки на норму высева, были получены следующие данные: за некоторое количество оборотов вала катушечных высевающих аппаратов 1-й аппарат высеял $q_1=350$ г семян; 2-й – $q_2=364$ г; 3-й – $q_3=344$ г; 4-й – $q_4=361$ г; 5-й – $q_5=365$ г; 6-й – $q_6=346$ г. Требуется определить неравномерность высева семян по ширине захвата сеялки.

20. При высеве семян пшеницы рядовой сеялки была задана норма высева $Q=200$ кг/га. Вскрытие рядков посева показало, что в среднем на длине рядка $l=50$ м находится $N=3040$ штук семян. Определить фактический высев семян на гектаре и относительное отклонение его от расчетного при ширине междурядий $b=0,15$ м и массе 1000 штук семян $\delta=42$ г.

21. Определить шаг посадки и число клубней картофеля, высаживаемых на одном гектаре, если известно, что норма посадки $Q=3000$ кг/га, масса одного клубня $q_{кл}=60$ г и ширина междурядий $b=0,7$ м

22. Определить вылет правого и левого маркеров шестирядной посадочной машины при условии движения по следу маркера правым колесом трактора. Ширина междурядий $b=70$ см, расстояние между серединами передних колес трактора $c=140$ см.

23. Определить вылет правого и левого маркеров четырехрядной посадочной машины при условии движения по следу маркера правым колесом трактора. Ширина междурядий $b=70$ см, расстояние между серединами передних колес трактора $c=140$ см.

24. Определить вылет правого и левого маркеров четырехрядной машины при условии движения по следу маркера правым колесом трактора. Ширина захвата машины $B=4,2$; ширина междурядий $b=70$ см, расстояние между серединами передних колес трактора $c=140$ см.

25. Определить минимальную частоту вращения диска центробежного разбрасывателя минеральных удобрений, если известно, что расстояние от места подачи удобрений до центра диска $r_0=10$ см; коэффициент трения частиц о поверхность диска $f=0,65$; относительная скорость движения частиц вдоль лопатки в момент подачи на диск $V_r=0$.

26. Определить скорость подачи твердых органических удобрений транспортером машины, если нужно внести норму $Q=50$ т/га при скорости движения машины $V_m=1,5$ м/с. Ширина захвата машины $B_p=6$ м; ширина транспортера $b=1,6$ м; высота слоя удобрений $H=0,6$ м; насыпная плотность удобрений $\rho=0,7$ т/м³.

27. Определить напор H рабочей жидкости в нагнетательной системе опрыскивателя и соответствующее ему давление p для нормы расхода $Q=195$ л/га и скорости движения $V_m=8$ км/ч. На штанге машины с шагом $b=1$ м установлены дефлекторные распылители в количестве $Z=19$ с диаметром выходного отверстия $d=1,6$ мм и коэффициентом расхода $\mu=0,88$. Плотность рабочей жидкости $\rho=1$ кг/л (1000 кг/м³).

28. Заданная норма расхода рабочей жидкости опрыскивателя $Q=300$ л/га; ширина захвата $B=24$ м; рабочая скорость $V_m=8$ км/ч; подача насоса $q_n=82$ л/мин. Определить фактический расход жидкости и сравнить его с заданной нормой, сделать вывод о правильности настройки опрыскивателя.

29. Определить высоту установки штанги опрыскивателя h из условия равномерного распределения рабочей жидкости по ширине захвата для щелевых распылителей с факелами распыла $\alpha_1=80^\circ$ и $\alpha_2=110^\circ$, шаг расстановки распылителей на штанге $b=0,5$ м.

30. Определить минутный расход рабочей жидкости, если производительность протравливателя семян $W=18$ т/ч, норма расхода исходного препарата на тонну зерна составляет $Q=2$ кг/т, масса исходного препарата, засыпаемого в резервуар протравливателя $m=50$ кг, вместимость резервуара $E=200$ л.

ЗАДАНИЕ № 3

Расчетно-графическая работа

«Построение зубового поля звена бороны»

1. Общие указания для выполнения расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа выполняется студентами по вариантам (таблица 2).

Работа выполняется как приложение к контрольной работе на листе формата А 4 (А 3) в масштабе 1:5 (1:10). Необходимые для построения зубового поля бороны расчеты, приводятся на свободном месте этого же листа.

Расчетно-графическая работа оформляется в соответствии с СТО ИрГ-СХА АИ-2007.

Таблица 2 - Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

Номер варианта	Тип бороны	Число заходов винта (k), мм	Число поперечных планок (m), шт	Число продольных планок (n), шт	Расстояние между поперечными планками (h), мм	Расстояние между смежными бороздками (a), мм	Нагрузка на зуб (q), Н	Тяговое сопротивление одного зуба (P_0), Н	Рабочая длина зуба (l), мм
1	Тяжелая	2	5	5	400	55	20	45	200
2	Тяжелая	3	5	4	390	70	17	48	200
3	Легкая	2	5	6	275	25	8	12	120
4	Легкая	3	5	5	225	30	10	14	125
5	Тяжелая	2	5	4	480	60	16	45	200
6	Тяжелая	3	5	5	400	55	18	49	200
7	Средняя	2	5	6	280	50	15	24	175
8	Средняя	3	5	5	300	40	14	23	180
9	Легкая	2	5	6	300	25	6	11	130
10	Легкая	3	5	5	250	30	7	14	130
11	Тяжелая	3	7	5	400	50	20	50	200
12	Тяжелая	5	7	4	350	60	18	45	200
13	Легкая	4	7	6	250	25	7	12	125
14	Легкая	2	7	5	275	30	9	15	130
15	Средняя	3	7	6	250	40	12	20	150

Продолжение таблицы 2

Номер варианта	Тип бороны	Число заходов винта (k), мм	Число поперечных планок (m), шт	Число продольных планок (n), шт	Расстояние между поперечными планками (h), мм	Расстояние между смежными бороздками (a), мм	Нагрузка на зуб (q), Н	Тяговое сопротивление одного зуба (P_0), Н	Рабочая длина зуба (l), мм
16	Легкая	3	5	4	200	25	9	12	100
17	Легкая	2	5	5	300	35	8	10	100
18	Тяжелая	3	5	5	280	50	18	45	150
19	Тяжелая	2	5	4	375	60	20	50	200
20	Средняя	3	5	5	250	40	12	22	140
21	Средняя	2	5	4	275	45	15	25	175
22	Легкая	3	5	6	300	25	7	12	125
23	Легкая	2	5	6	275	30	8	16	130
24	Средняя	3	5	5	275	40	14	24	175
25	Средняя	2	5	4	300	50	13	25	180
26	Тяжелая	3	5	4	400	75	20	45	200
27	Тяжелая	2	5	5	400	70	18	47	180
28	Легкая	3	5	6	300	30	9	15	125
29	Легкая	2	5	5	250	25	10	15	100
30	Средняя	3	5	5	300	45	13	21	150

2. Назначение зубовых борон, требования к их работе

Боронование является одним из важнейших агротехнических приемов поверхностной обработки почвы. Его основными задачами являются: закрытие влаги, рыхление, выравнивание поверхности почвы, крошение комков, уничтожение сорняков, заделка семян и удобрений, разбросанных по поверхности поля. Боронование применяется в системе предпосевной обработки, при уходе за парами и посевами сельскохозяйственных культур. Зубья бороны разрушают капиллярные каналы в поверхностном слое почвы, в результате чего снижаются потери почвенной влаги.

Особое значение имеют сроки боронования, так как их несоблюдение приводит к значительному недобору продукции растениеводства. Например, запаздывание с весенним закрытием влаги на трое суток и более снижает урожайность зерновых на 1,5...2,0 ц/га так как за одни сутки в солнечную погоду с 1 м² поля испаряется до 70 л влаги.

Хорошо выровненная перед посевом поверхность пашни способствует созданию благоприятных условий для появления дружных всходов и одновременного созревания возделываемой культуры, что в конечном итоге, позволит снизить потери при уборке.

Для лучшего рыхления и выравнивания почвы боронование проводят поперек направления вспашки или по диагонали поля, а при бороновании легкими боронами по всходам – поперек рядков и, желательно, на пониженных скоростях.

В зависимости от типа рабочего органа различают бороны зубовые и дисковые. В данных методических указаниях рассматриваются вопросы, связанные с конструкцией зубовых борон.

К работе зубовых борон предъявляются следующие агротехнические требования:

- глубина обработки должна быть в пределах 2...8 см;
- поверхность поля после обработки должна быть выровненной, с преобладанием комков на поверхности размером не более 3 см;
- глубина бороздок не должна превышать 3...4 см;
- распыление почвы должно быть минимальным.

Глубина обработки зависит от массы орудия, приходящейся на один зуб, типа почвы и скорости движения агрегата.

Широкое распространение получили зубовые бороны трех типов: тяжелые – БЗТУ-1; средние скоростные – БЗСС-1; посевные легкие – БП-0,6 (табл. 3).

Таблица 3 – Характеристики борон

Тип, марка бороны	Масса звена бороны, кг	Расстояние между смежными бороздками, мм	Глубина обработки, мм	Нагрузка на 1 зуб, Н
Тяжелая (БЗТУ-1,0)	34...40	50...75	До 80	16...20
Средняя (БЗСС-1,0)	26...28	40...55	До 50	12...15
Легкая (БП-0,6)	12...14	25...35	До 30	6...10

Тяжелые бороны применяются для разрушения почвенной корки при ранне-весеннем бороновании, разбивания глыб и комков при вспашке с одновременным выравниванием поверхности поля, улучшения лугов и пастбищ.

Средние бороны используются для предпосевного боронования одновременно с культивацией.

Легкие бороны предназначены для боронования зерновых по всходам с целью уничтожения однолетних сорняков.

Рабочим органом перечисленных марок борон является зуб, на тяжелых и средних боронах форма его поперечного сечения – квадрат, на легких – круг (рис. 1).

Зуб квадратного сечения работает по принципу клина с вертикальным ребром, что позволяет хорошо перемешивать почву без излишнего её распыления. Особенностью конструкции такого зуба является наличие скоса в нижней части. При установке зуба скошенной частью в направлении движения несколько уменьшается глубина боронования, так как при этом на зуб действует реакция почвы, направленная снизу вверх.

Зуб легкой бороны минимально повреждает всходы культурных растений, так как его поперечное сечение не имеет граней и ребер, которые могли бы повредить всходы культурных растений.

Геометрические размеры зубьев борон вышеназванных марок представлены в таблице 4.

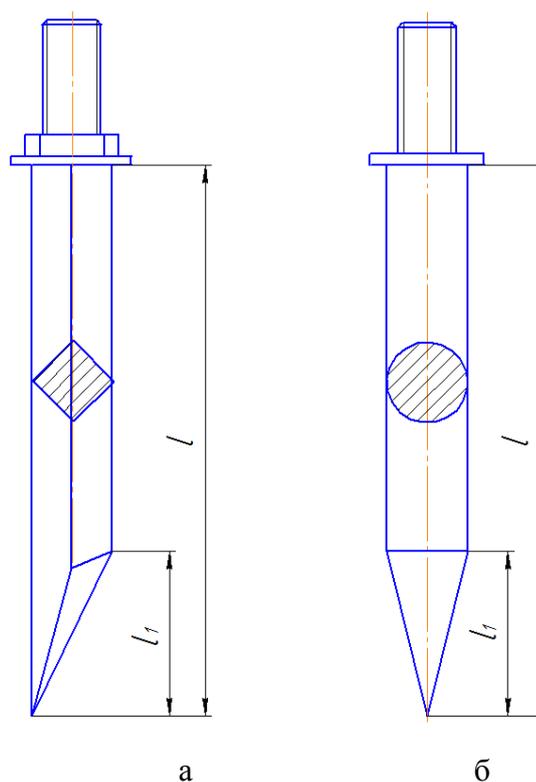


Рисунок 1 – Зубья борон
 а – зуб с квадратной формой поперечного сечения,
 б – зуб с круглой формой поперечного сечения.
l – длина рабочей части зуба, *l₁* – длина скошенной части зуба

Таблица 4 – Геометрические размеры зубьев борон

Тип бороны	Длина рабочей части зуба, мм	Размеры сечения зуба, мм
Тяжелая (БЗТУ-1,0)	150...200	16x16
Средняя (БЗСС-1,0)	130...180	16x16
Легкая (БП-0,6)	100...130	Ø14

Устойчивость хода зубовой бороны зависит от длины зуба – чем она больше, тем менее устойчив ход бороны по глубине. При слишком коротком зубе, т.е. при низком расположении рамы над поверхностью почвы, борона быстро забивается растительными остатками.

Длина рабочей части зуба *l* определяется по эмпирической формуле:

$$l=(2,0-2,5)h,$$

где h - глубина боронования, м.

Длина скоса зуба l_1 определяется: $l_1 = 0,25 l$.

3. Требования к расстановке зубьев на раме бороны

Эффективность работы бороны во многом зависит от правильности расстановки зубьев на раме.

Требования, предъявляемые к расстановке зубьев:

1. Каждый зуб должен проводить собственную бороздку, так как в противном случае (по одной бороздке проходит несколько зубьев) почва распыливается. Расстояние между смежными бороздками должно быть одинаковым.

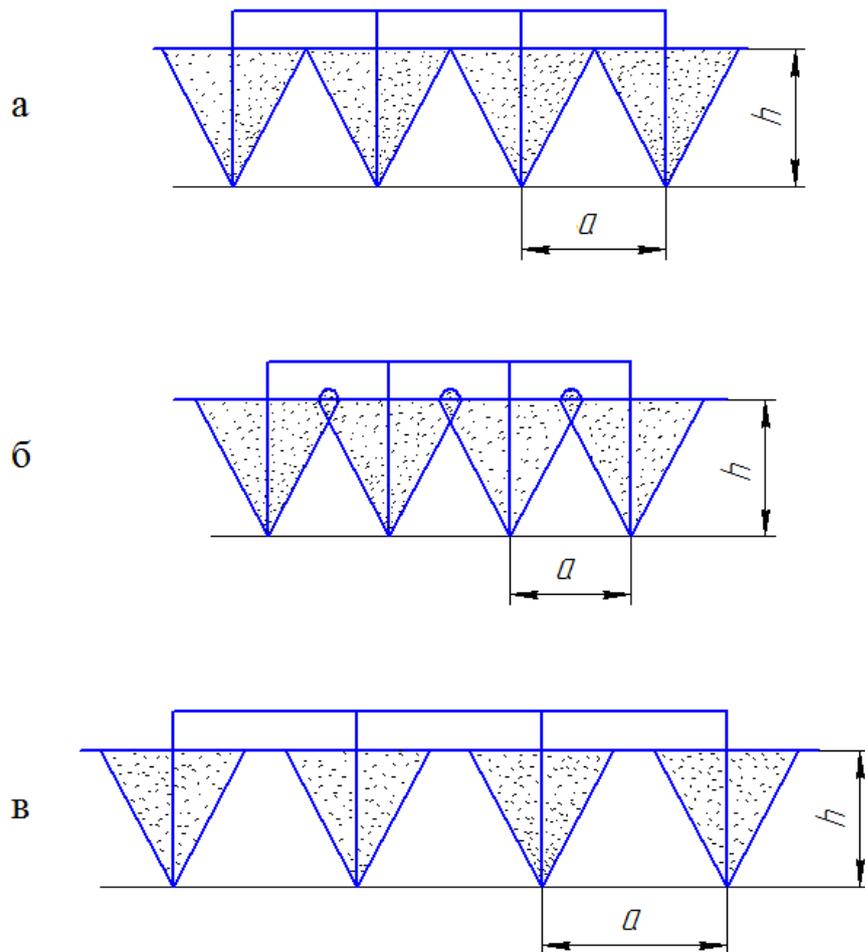
2. Для снижения вероятности забивания бороны растительными остатками, зубья, проводящие смежные бороздки, должны быть удалены друг от друга по ходу движения на максимально возможную величину. Для предотвращения забивания почвенными глыбами и комками, расстояние между смежными зубьями на планке должно быть максимально возможным.

3. Расстояние между смежными бороздками a должно быть согласовано с глубиной хода (обработки) бороны h (рисунок 2). Это необходимо для того, чтобы разрыхленные зубьями полоски на поверхности поля смыкались (рисунок 2, а), но не перекрывались (рисунок 2, б) и на поле не оставалось необработанных участков (рисунок 2, в).

4. Рама бороны должна быть компактной, вмещать 20 зубьев (количество зубьев установлено в результате многолетнего опыта эксплуатации борон) и своей формой способствовать выполнению предыдущих требований.

5. Чтобы избежать возникновения сил, нарушающих прямолинейный ход (борона виляет), каждый зуб должен работать в одинаковых условиях.

6. Сила тяги трактора должна проходить через след центра тяжести бороны, чтобы обеспечить ее устойчивый ход (без виляния).



**Рисунок 2 – Согласованность расстояния
между смежными бороздками и глубиной обработки**

- а - согласованное расстояние между смежными бороздками и глубиной обработки,
 б - расстояние между смежными бороздками малое,
 в - расстояние между смежными бороздками большим.

Единственным вариантом расстановки зубьев на раме бороны, который обеспечит выполнение перечисленных требований, является расстановка зубьев по методу развертки многозаходного винта. Многолетний опыт эксплуатации борон показал, что лучшей формой рамы является зигзагообразная (борона «зиг-заг»).

Многозаходный винт характеризуется следующими параметрами: k – число заходов винтовой линии, t – шаг развертки винтовой линии, b – расстояние между винтовыми линиями на планке.

Шаг винтовой линии определяется:

$$t = b k. \quad (1)$$

Расстояние между смежными винтовыми линиями определяется:

$$b = m a, \quad (2)$$

где a - расстояние между смежными бороздками,

m - число поперечных планок бороны.

Чтобы выполнялось основное требование к расстановке зубьев на раме бороны – каждый зуб проводит свою бороздку и не идет по следу другого, необходимо, чтобы отношение числа поперечных планок m к числу заходов винтовых линий k (m/k) было некратной величиной. В противном случае (отношение m/k – величина кратная) по бороздке пройдет несколько зубьев.

Поэтому при проектировании отношение m/k принимается: $5/2$; $5/3$; $7/2$; $7/3$; $7/4$; $7/5$. Для отечественных борон принято $m/k = 5/3$.

Метод развертки многозаходного винта сводится к нижеследующему.

Имеется цилиндр длиной T и диаметром D (рис. 3). На цилиндре обозначены три линии заходов винта $I-I$, $II-II$, $III-III$ с шагом t и расстоянием между смежными винтовыми линиями b . На цилиндре размечены линии $1-1$, $2-2$, $3-3$, $4-4$ и $5-5$, которые находятся на одинаковом расстоянии друг от друга и параллельны его оси.

Мысленно разрежем цилиндр вдоль линии $1-1$ и развернем его на плоскости. При этом ширина развертки будет равна T , а её длина - длине окружности цилиндра πD . Следы разверток винтовых линий на плоскости предстанут в виде наклонных прямых с шагом t , расположенных друг от друга на расстоянии b . Горизонтальные линии $1-1$, $2-2$, $3-3$, $4-4$ и $5-5$ находятся друг от друга на расстоянии h . В дальнейшем будем считать, что на этих линиях будут располагаться поперечные планки бороны.

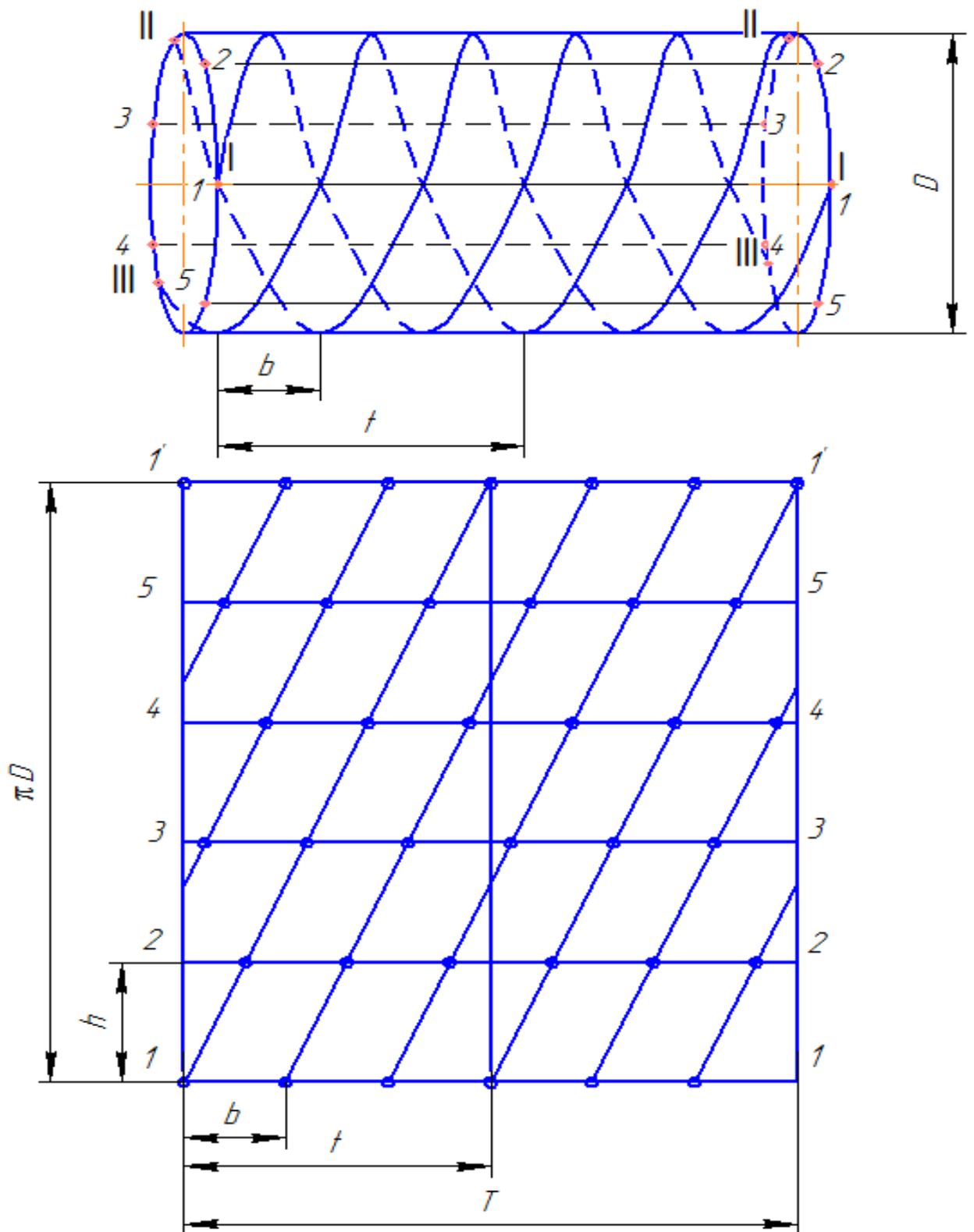


Рисунок 3 - Схема расстановки зубьев на раме бороны по методу развертки многозаходного винта.

4. Порядок построения зубового поля звена бороны

Для построения зубового поля звена бороны необходимо знать: расстояние между смежными бороздками – a , число поперечных планок бороны – m , число заходов винта – k , величину шага винтовой линии – t , расстояние между смежными винтовыми линиями – b , расстояние между поперечными планками – h ; число продольных планок бороны – n .

Расстояние между поперечными планками h определяется из условия прохождения растительных остатков между зубьями. Для легких борон оно равно 200...300 мм, средних – 250...300 мм, тяжелых – 350...400.

Перед началом построения необходимо определить t и b по формулам (1), (2).

Построение начинается с вычерчивания развертки цилиндра в виде прямоугольника, ширина которого – $2t$, высота – mh (рисунок 4).

На прямоугольнике вычерчиваются линии 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5 соответствующие поперечным планкам, с расстоянием между ними равным h .

Затем на чертеже наносятся следы разверток винтовых линий. Начало первого следа располагается в левом нижнем углу развертки цилиндра (на планке 1-1). На верхней стороне развертки (планка 1'-1') откладываем величину шага t от левого верхнего угла. Развертки следующих винтовых линий начинаются на расстоянии b от начала первой развертки и параллельны ей.

Точки крепления зубьев бороны будут находиться в точках пересечения разверток винтовых линий с поперечными планками или в точках пересечения разверток винтовых линий правого и левого направлений. Последний вариант используется для построения зубового поля тяжелых и скоростных средних борон.

Чтобы построить контур звена бороны типа «зиг-заг», форма продольных планок должна быть зигзагообразной. При этом порядок работы зубьев, расположенных на соответствующих поперечных планках, должен быть следующим 4-1-3-5-2 (рис. 4). Такой же порядок работы зубьев должен выдер-

живаться при построении зубового поля тяжелых и скоростных средних борон.

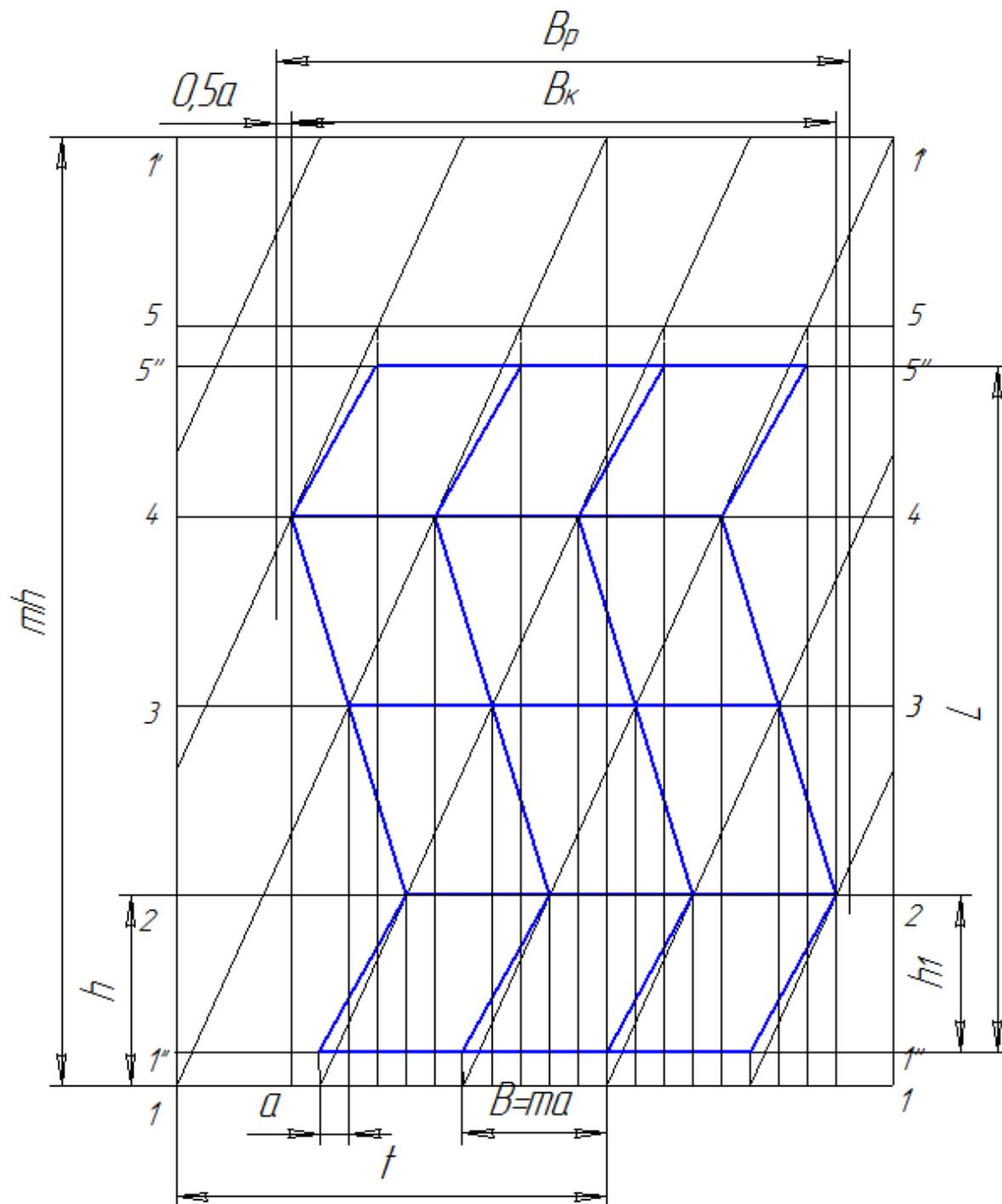


Рисунок 4 - Зубовое поле легкой и средней борон.

Вероятность забивания зубьев на первой и последней поперечных планках меньше чем на внутренних. С целью уменьшения габаритных размеров борон расстояние между крайними и рядом расположенными с ними

планками можно уменьшить до величины h_1 . Из опыта эксплуатации величина h_1 для легких борон - 100...200 мм, средних - 150...250 мм, тяжелых - 150...300. На практике расстояние h_1 принимают равным, примерно, $0,8 h$. Для этого проводятся дополнительные горизонтальные линии 1"- 1" и 5"- 5" на расстоянии h_1 соответственно от второй и четвертой планок. На эти горизонтальные линии проецируются точки расположения зубьев с первой и пятой планок.

Проверить правильность построения зубового поля звена бороны можно, спроецировав на линию 1-1 все точки крепления зубьев. Если по одному следу проходит только один зуб и расстояние между всеми бороздками одинаково и равно a , форма звена бороны будет соответствовать предъявляемым требованиям.

Для устойчивого хода бороны (без виляния), необходимо, чтобы величины сил реакции почвы, действующих на каждый зуб справа и слева, были одинаковы. Анализируя полученную схему зубового поля, можно сделать вывод, что зубья, расположенные внутри схемы, работают примерно в одинаковых условиях (справа и слева зуба находится разрыхленная почва). На зубья, расположенные на крайних правой и левой продольных планках, действие этих сил неодинаково, так как с одной стороны на зуб действует реакция разрыхленной почвы, а с другой – неразрыхленной. В результате создается крутящий момент, стремящийся развернуть бороны. Но так как эти зубья находятся от центра бороны на одинаковом расстоянии и силы, действующие на них примерно равны, разворачивающий момент равен нулю и бороны не виляет.

На выполненной схеме необходимо проставить основные размеры: конструкторская длина – L , конструкторская ширина – B_k , рабочая ширина захвата – B_p , расстояние между смежными следами зубьев – a , величину шага винтовой линии – t , расстояние между смежными зубьями на планке – b и расстояние между поперечными планками – h и h_1 .

При определении основных размеров зубовой бороны исходят из условия приспособляемости ее к рельефу почвы, удобства транспортирования, жесткости конструкции и массы орудия.

Зубовые поля тяжелой и средней скоростной борон строятся аналогично (рис. 5).

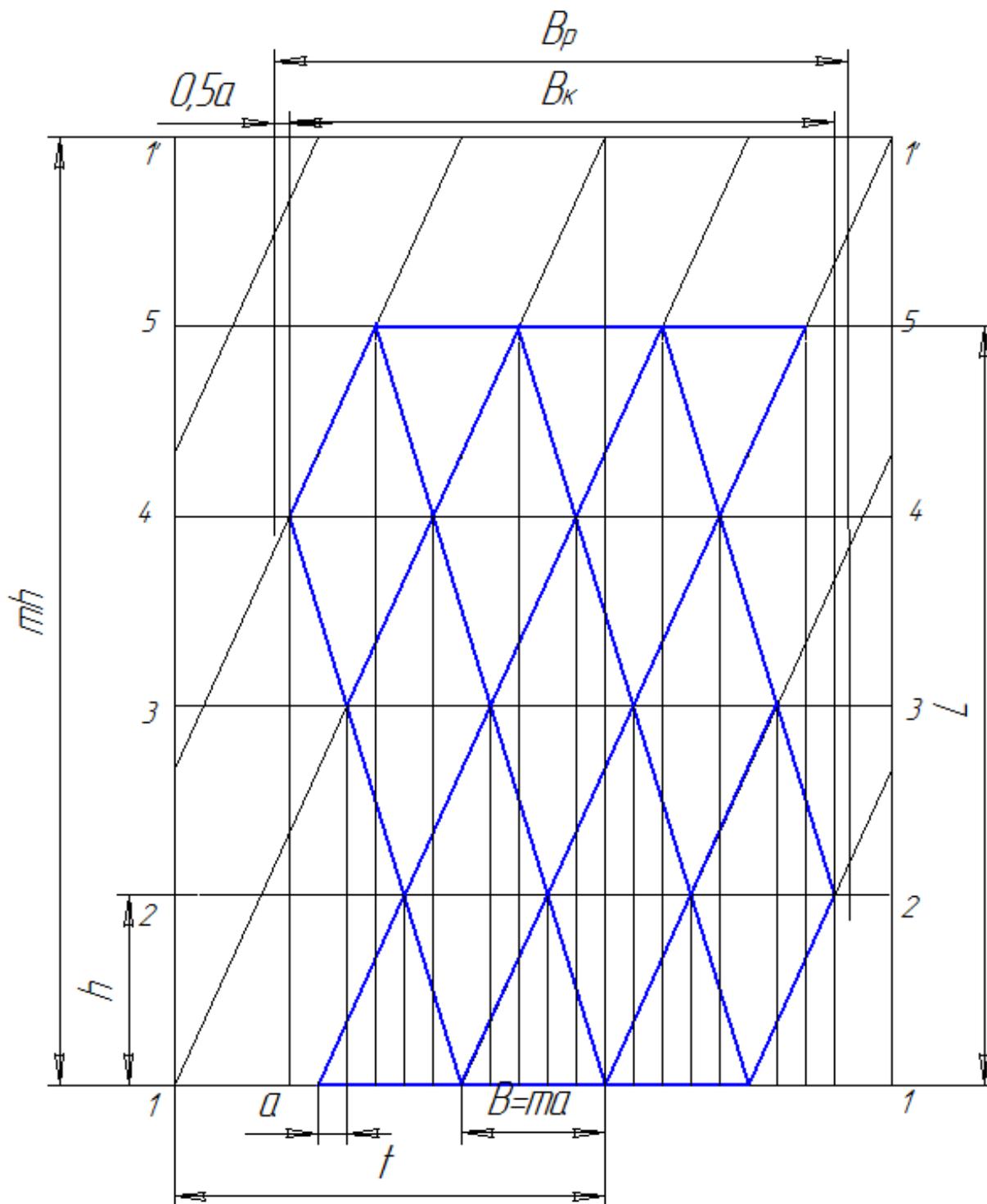


Рисунок 5 - Зубовое поле средней скоростной и тяжелой борон.

Конструкторская ширина звена B_k определяется:

$$B_k = (z-1)a, \quad (3)$$

где: z - число зубьев на бороне,

a - расстояние между смежными следами зубьев.

Рабочая ширина захвата одного звена бороны B_p определяется:

$$B_p = B_k + a, \quad (4)$$

Длина звена бороны L - это расстояние между крайними поперечными планками.

Для того, чтобы глубина рыхления зубьями, находящимися на первой и последней планках, была одинакова, необходимо, чтобы линия тяги трактора P проходила через след центра тяжести бороны (рис. 6).

Это условие соблюдается при $\beta = \arctg 2l/L$, где β - угол, определяющий направление действия силы тяги трактора P , °; l - длина рабочей части зуба, L - длина звена бороны.

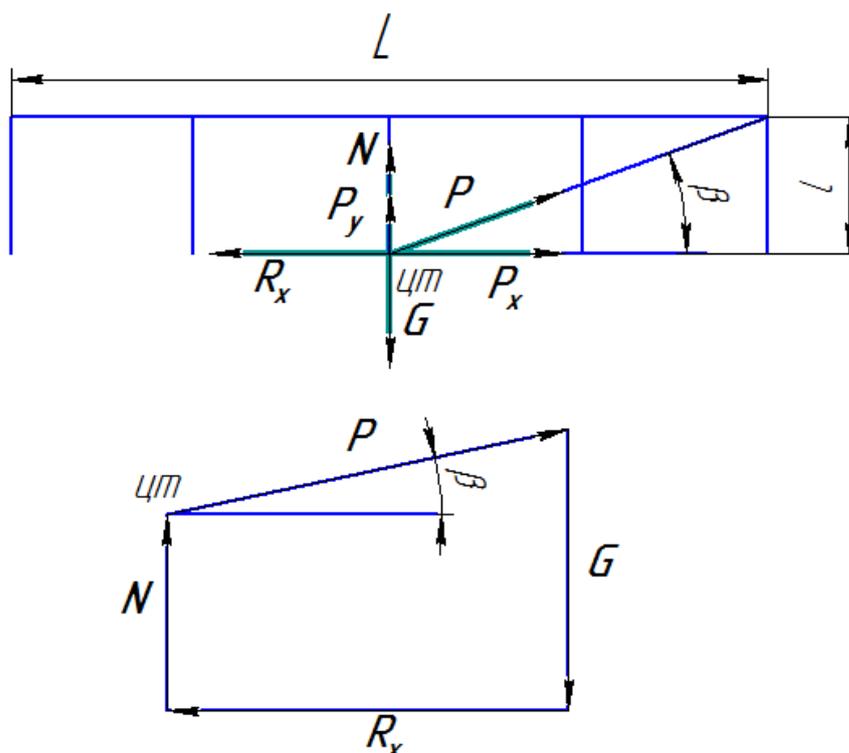


Рисунок 6 - Схема сил, действующих на звено зубовой бороны.

Тяговое сопротивление бороны R_x , зависит от её массы, числа зубьев и сопротивления почвы.

$$R_x = z P_0, \quad (5)$$

где z – число зубьев на бороне;

P_0 – тяговое сопротивление одного зуба, Н.

Силу тяжести бороны G (Н), можно определить, воспользовавшись схемой сил, действующих на звено бороны (рис. 6). На звено действуют следующие силы: сила тяги трактора P (Н), сила тяжести бороны G (Н), тяговое сопротивление звена бороны R_x (Н) и нормальная реакция почвы N (Н).

При устойчивом ходе сила тяжести бороны G уравнивается нормальной реакцией почвы на зубья бороны N и вертикальной составляющей силы тяги трактора P_y :

$$G = N + P_y. \quad (6)$$

Реакция почвы на зубья бороны N определяется:

$$N = q z, \quad (7)$$

где: q – нагрузка на один зуб, Н;

Величина вертикальной составляющей силы тяги трактора P_y определяется:

$$P_y = P_x \operatorname{tg} \beta, \quad (8)$$

где P_x – горизонтальная составляющая силы тяги, Н.

При нормальном ходе бороны величина угла $\beta = 14 \dots 17^\circ$.

Поставив значения выражения сил N и P_y в формулу (6) и считая, что горизонтальные составляющие сил тяги трактора и реакции почвы должны быть равны $P_x = R_x$, получаем:

$$G = q z + P_0 z \operatorname{tg} \beta, \quad (9)$$

$$G = z (q + P_0 \operatorname{tg} \beta), \quad (10)$$

На практике правильность выбора бороны определяется визуально по смыканию зон рыхления на поверхности поля. Длина цепей, посредством которых звенья соединяются со сцепкой, должна быть такой, чтобы глубина хода переднего и заднего ряда зубьев борон были одинаковы.

Список использованной литературы

1. Капустин В.П. Сборник инженерных задач и тестовых заданий по расчету параметров сельскохозяйственных машин [Текст] / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. - 80 с.
2. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные машины [Текст] : учеб. для вузов / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. - М. : КолосС, 2008. - 816 с.
3. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Задачи и упражнения. [Текст] / М.Н. Летошнев. – Л: Печатный двор, 1950. – 367 с.
4. Поляков Г.Н. Построение зубового поля звена бороны. Методические указания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Основы теории рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин» [Текст] / Г.Н. Поляков, А.А. Бричагина, Б.Н. Орлов – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014 – 19 с.
1. Сельскохозяйственные машины: практикум: учеб. пособие для студ. вузов по спец. 311300 "Механизация сельского хозяйства" [Текст] / ред. : А. П. Тарасенко. - М. : Колос, 2000. - 240 с.
5. Сельскохозяйственные машины: практикум [Текст] : учеб. пособие / М. Д. Адиньяев, В. Е. Бердышев, И. В. Бумбар; Ред. А. П. Тарасенко. - М. : Колос, 2000. - 238 с.
6. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах [Текст] : учебное пособие / под ред. М.А. Новикова. – СПб. : Проспект науки, 2011. – 208 с.
7. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] : учеб. для вузов / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов и др.; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.