

УДК 378.147

А. А. Чумичкин, старший преподаватель
Сарапульский политехнический институт (филиал) ИжГТУ

АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В ВУЗЕ

Изложен принцип планирования последовательности изучения дисциплин в вузе. Предложен алгоритм поиска оптимальной последовательности изучения дисциплин (АПОПП). Показано, что сформулированные условия и выдвинутые требования на основе матрицы учебного процесса позволяют решать с помощью предложенного алгоритма задачи (1, 2 и 3-го уровней трудности) определения последовательности изучения дисциплин. Намечены пути поиска более универсальных условий и требований на основе диаграммы желаемого и действительного.

Обеспечение междисциплинарных связей является одной из важнейших проблем планирования учебного процесса в высшей школе. В частности ее можно решить за счет построения дидактически обоснованной последовательности изучения дисциплин. Для того чтобы эта последовательность была логически непротиворечивой, необходимо учитывать информационные потоки, связывающие изучаемые дисциплины. Например, С. Ю. Либерман рекомендует при этом исходить из соображения [1, с. 59], что содержание каждой дисциплины может быть использовано для достижения одной из следующих целей:

- 1) изучение смежных дисциплин;
- 2) подготовка студента к практической деятельности.

В качестве инструмента планирования последовательности изучения материала отдельно взятой учебной дисциплины Либерман [1, с. 57] предлагает «матрицу учебного процесса (МУП)» (рис. 1).

	1	2	3	4	5	6	А	Б	М
1					3				3
2	3			2		2			
3		1			1		1	1	1
4									
5						1	2	1	
6				2				2	2

Рис. 1. Матрица учебного процесса по Либерману

В левой части матрицы прослеживаются связи между темами рассматриваемой дисциплины (обозначены цифрами во внешней части матрицы), а в правой части – выходы тем рассматриваемой дисциплины на смежные дисциплины (А, Б) и на практическую деятельность специалиста (определяемую моделью специалиста М).

Принцип заполнения матрицы следующий: i -й теме соответствует i -я строка и j -й столбец (где $i = j = 1 \dots n$; n – число рассматриваемых тем, в данном примере $n = 6$); в каждой строке отмечены выходы потоков информации из соответствующей темы в другие дисциплины и в модель специалиста, а в каждом столбце – входы в данную тему (если столбец расположен в правой части матрицы, то в дисциплину или модель) информационных потоков из других тем. Цифры во внутренней части матрицы обозначают необходимый уровень (по шкале В. П. Беспалько) овладения материалом соответствующей темы.

С помощью такой матрицы учебного процесса можно решить задачу определения дидактически обоснованной последовательности изучения тем по каждой дисциплине в отдельности.

Для того чтобы решить задачу определения последовательности изучения дисциплин по учебному плану в целом, преобразуем матрицу Либбермана в обобщенную матрицу учебного процесса (рис. 2).

	1	2	3	4	5	6	М
1	0				3		3
2	3	0		2		2	
3		1	0		1		1
4				0			
5					0	1	
6				2		0	2

Рис. 2. Обобщенная матрица учебного процесса

В левой части обобщенной матрицы отражаются связи между изучаемыми дисциплинами, а в правой – выходы рассматриваемых дисциплин на практическую деятельность специалиста.

Заполнение матрицы учебного процесса проводят последовательно по столбцам. Так, рассматриваем 1-ю дисциплину и заполняем 1-й столбец матрицы. Если при изучении 1-й дисциплины используются сведения из дисциплины 2 на 3-м уровне деятельности, то на пересечении 1-го столбца со 2-й строкой ставим цифру 3. Далее, если при изучении дисциплины 1 не используются сведения из дисциплины 3, то на пересечении 1-го столбца с 3-й строкой оставляем пустую ячейку. Аналогично заполняются и остальные ячейки матрицы. Очевидно, что главная диагональ левой части матрицы будет содержать нулевые элементы.

Таким образом заполняются все ячейки обобщенной матрицы учебного процесса, что обеспечивает учет всех междисциплинарных связей в учебном процессе. При этом никакая дисциплина не должна иметь пустую строку, что означало бы ее бесполезность.

По поводу определения уровня овладения материалом рассматриваемой дисциплины, необходимого и достаточного для изучения последующих дисциплин, Либберман [1, с. 58] считает, что это должны делать не преподаватели рассматриваемой дисциплины, поскольку им свойственно преувеличивать значение своего курса. Эту задачу должны решать только преподаватели дисциплин, для изучения

которых нужна информация из рассматриваемой дисциплины, поскольку они заинтересованы в точном и объективном отражении необходимых уровней овладения учебным материалом. В самом деле, завысив свои требования, они будут способствовать необоснованному увеличению числа учебных часов смежного предмета (за счет сокращения собственных часов). Напротив, занизив свои требования, они рискуют получить неподготовленных студентов, что затруднит изучение их собственного курса. Поэтому, исходя из позиции Либермана, при заполнении j -го столбца правом решающего голоса должны пользоваться только преподаватели i -го предмета ($i = j$). Столбец профессиональной деятельности специалиста заполняется на основании его модели.

Как правило, последовательность изучения дисциплин федерального компонента определяется образовательным стандартом специальности, и возникает задача включения отдельных дисциплин (региональный компонент и дисциплины по выбору вуза) в эту последовательность и упорядочения последних между собой. Данную задачу нужно решать сообща, так как преподаватели дисциплин, опирающихся на сведения из рассматриваемой дисциплины, также не имеют права перекладывать ответственность за изучение каких-либо тем на преподавателя данной дисциплины или передвигать его предмет в учебном плане по своему желанию.

Очевидно, что наиболее приемлемо для преподавателей проблему планирования учебного процесса решать на заседании кафедры. Однако в таком случае время для принятия решения ограничено, поэтому необходимо автоматизировать данный процесс, чтобы иметь возможность оперативно рассматривать все возможные варианты.

Проблему автоматизации поиска оптимальной (дидактически обоснованной и логически непротиворечивой) последовательности изучения дисциплин должны решать сообща педагог и алгоритмолог-программист. Педагог должен сформулировать условия и выдвинуть требования, а программист – создать некий алгоритм поиска оптимальной последовательности изучения предметов (АПОПИП), проверяющий условия и удовлетворяющий требованиям.

Задачу определения оптимальной последовательности изучения дисциплин Либерман предлагает решать с помощью левой части матрицы учебного процесса по алгоритму И. Б. Моргунова [1, с. 62]. После удаления предмета 4 (с пустой строкой) она примет вид, представленный на рис. 3 (цифры заменены крестиками \times , так как в данном случае важны междисциплинарные связи, а уровни освоения значения не имеют).

	1	2	3	5	6
1	0			\times	
2	\times	0			\times
3		\times	0	\times	
5				0	\times
6					0

Рис. 3. Левая часть МУП
(исходная матрица для алгоритма Моргунова)

Поскольку изучение материала любой совокупности дисциплин можно начинать лишь с той дисциплины, которая не опирается на остальные (а в МУП такой дисциплине соответствует пустой столбец), принцип работы алгоритма Моргунова [1, с. 63–64] заключается в последовательном удалении пустых столбцов и соответствующих строк.

УСЛОВИЕ 1: *если все элементы рассматриваемого столбца равны нулю, то этот столбец и соответствующая ему строка должны быть удалены.*

В МУП на рис. 3 пустой столбец имеет только дисциплина 3. Следовательно, изучение необходимо начинать с дисциплины 3. После изучения дисциплины 3 (удаления 3-го столбца и 3-й строки) МУП примет вид, изображенный на рис. 4.

	1	2	5	6
1	0		×	
2	×	0		×
5			0	×
6				0

Рис. 4. Шаг 1 алгоритма Моргунова

В полученной матрице пустой столбец имеет дисциплина 2. Следовательно, после дисциплины 3 следует изучать дисциплину 2. После изучения дисциплины 2 МУП примет вид, как на рис. 5.

	1	5	6
1	0	×	
5		0	×
6			0

Рис. 5. Шаг 2 алгоритма Моргунова

В данной матрице пустой столбец имеет только дисциплина 1. Следовательно, после дисциплины 2 следует изучать дисциплину 1. После изучения дисциплины 1 МУП примет вид, представленный на рис. 6.

	5	6
5	0	×
6		0

Рис. 6. Шаг 3 алгоритма Моргунова

В данной матрице пустой столбец имеет только дисциплина 5. Следовательно, после изучения дисциплины 1 следует изучать дисциплину 5, а после нее – дисциплину 6 (рис. 7).

	6
6	0

Рис. 7. Шаг 4 алгоритма Моргунова

В результате искомая последовательность изучения предметов примет вид 3–2–1–5–6. МУП для такой последовательности изображена на рис. 8.

	3	2	1	5	6
3	0	×		×	
2		0	×		×
1			0	×	
5				0	×
6					0

Рис. 8. Конечная МУП
(шаг 5 (проверочный) алгоритма Моргунова)

В данной матрице все ненулевые элементы находятся выше главной диагонали, что, как указано в [1, с. 64], служит признаком логически непротиворечивой последовательности изучения материала.

ТРЕБОВАНИЕ 1: *если все ненулевые элементы МУП находятся выше главной диагонали, то найденная последовательность является решением задачи.*

Таким образом, с помощью алгоритма Моргунова задачу упорядочения пяти дисциплин (перестановки пяти столбцов) удалось решить лишь за 5 шагов (4 основных и 5-й проверочный). Неудобно и то, что для решения необходимо построение вспомогательных матриц, что затрудняет наглядное наблюдение за ходом решения и требует большого объема памяти компьютера. Попробуем составить другой алгоритм, позволяющий производить перестановку столбцов непосредственно в исходной матрице (АПОПИП).

Из рис. 8 видно, что если произвести перестановку столбцов таким образом, чтобы в каждом из них ненулевые элементы стояли только в тех строках, номера которых соответствуют столбцам, стоящим слева от данного, то ряд номеров столбцов покажет последовательность изучения предметов. Иначе – каждый столбец должен стоять справа от всех тех столбцов, номера которых совпадают с номерами строк, в которых в данном столбце находятся ненулевые элементы.

УСЛОВИЕ 2: *если наименьший ненулевой элемент рассматриваемого столбца расположен выше соответствующих элементов в остальных столбцах, то данный столбец должен быть помещен слева от этих столбцов.*

При выполнении УСЛОВИЯ 2 строки сдвигаются соответственно перемещению столбцов. Так же, как и в алгоритме Моргунова, начинать перестановку следует с пустых столбцов, хотя в нашем случае это условие необязательное.

В матрице на рис. 9 столбец 3 пустой, так что алгоритм начинает перестановку именно с него – помещает его в начало последовательности.

	1	2	3	5	6
1	0			×	
2	×	0			×
3		×	0	×	
5				0	×
6					0

Рис. 9. Левая часть МУП
(исходная матрица для АПОПИП)

В матрице на рис. 10 наименьший ненулевой элемент, расположенный выше соответствующих элементов во всех столбцах справа от 3-го, находится в столбце 2, поэтому алгоритм производит его перестановку – помещает справа от 3-го.

	3	1	2	5	6
3	0		×	×	
1		0		×	
2		×	0		×
5				0	×
6					0

Рис. 10. Шаг 1 АПОПИП

В матрице на рис. 11 все ненулевые элементы расположены выше главной диагонали, то есть выполняется ТРЕБОВАНИЕ 1, поэтому алгоритм прекращает перестановку и выдает искомую последовательность: 3–2–1–5–6.

	3	2	1	5	6
3	0	×		×	
2		0	×		×
1			0	×	
5				0	×
6					0

Рис. 11. Шаг 2 АПОПИП

Итак, мы решили ту же задачу не за 5, а за 2 шага и, кроме того, затратили меньше оперативной памяти компьютера и могли наблюдать весь процесс на одном экране. Таким образом, АПОПИП превосходит алгоритм Моргунова как в пространственном, так и во временном отношении.

Попробуем усложнить задачу: примем допущение, что предметы 1 и 2, а также 5 и 6 необходимо изучать параллельно. Тогда исходная матрица (так же, как и соответствующая ей задача) будет иметь 2-й уровень трудности (содержит пары предметов, изучаемых параллельно) и примет вид, представленный на рис. 12.

	1	2	3	5	6
1	0	×		×	
2	×	0			×
3		×	0	×	
5				0	×
6				×	0

Рис. 12. Исходная МУП 2-го уровня трудности

Посмотрим, справится ли с этой задачей алгоритм Моргунова. На первом шаге он, как и в случае на рис. 3, удалит пустой столбец (3) и соответствующую строку (рис. 13).

	1	2	5	6
1	0	×	×	
2	×	0		×
5			0	×
6			×	0

Рис. 13. Шаг 1 алгоритма Моргунова для МУП 2-го уровня трудности

В матрице на рис. 13 нет ни одного пустого столбца, а значит УСЛОВИЕ 1 выполнить невозможно. С другой стороны, ниже главной диагонали имеются два ненулевых элемента, а это, в свою очередь, означает, что ТРЕБОВАНИЕ 1 не удовлетворено. То есть алгоритм Моргунова задачу не решил и, как принято говорить в теории алгоритмов, зашел в тупик.

Попытаемся решить эту же задачу с помощью АПОПИП. Однако с учетом наличия параллельных связей в дополнение к предыдущим условиям необходимо внести некоторые поправки. Совершенно очевидно, что столбцы, соответствующие параллельно изучаемым дисциплинам, должны стоять рядом. Сформулируем дополнительное требование.

ТРЕБОВАНИЕ 2: *столбцы, наиминишие элементы которых входят в пару, соответствующую паре параллельно изучаемых дисциплин, будучи помещены в смежные позиции по УСЛОВИЮ 2, не должны разделяться никакими другими столбцами, а могут лишь передвигаться вместе или переставляться друг относительно друга.*

Например, в матрице на рис. 12 столбец 3 является свободным, а столбцы 1 и 2, а также 5 и 6 – связанными. Так же, как и в матрице на рис. 9, алгоритм по УСЛОВИЮ 2 начинает перестановку с 3-го столбца и помещает его в начало последовательности (рис. 14).

	3	1	2	5	6
3	0		×	×	
1		0	×	×	
2		×	0		×
5				0	×
6			×		0

Рис. 14. Шаг 1 АПОПИП для МУП 2-го уровня трудности

Как и в матрице, представленной на рис. 10, наименьший ненулевой элемент, выполняющий УСЛОВИЕ 2, находится в столбце 2, поэтому алгоритм помещает его справа от 3-го (рис. 15).

	3	2	1	5	6
3	0	×		×	
2		0	×		×
1		×	0	×	
5				0	×
6			×		0

Рис. 15. Шаг 2 АПОПИП для МУП 2-го уровня трудности

В данной матрице наблюдается следующее: ТРЕБОВАНИЕ 1 не удовлетворено, и алгоритм будет продолжать перестановку по УСЛОВИЮ 2, которое выполняет столбец 1. Однако если поместить этот столбец справа от столбца 3, то мы вновь получим матрицу на рис. 14. То есть, начиная со второго шага, алгоритм начинает совершать бесконечный цикл перестановок столбцов 2 и 1 между собой.

Причина этого заключается в том, что связь параллельно изучаемых дисциплин показывают пары ненулевых элементов, находящихся в смежных ячейках, расположенных параллельно второй диагонали и симметрично относительно главной; при этом во всех таких парах левый элемент всегда будет стоять ниже правого (в матрице на рис. 15 это касается столбцов 1 и 2, а также 5 и 6).

Если взглянуть на последовательность номеров столбцов в матрице на рис. 15, то ситуация покажется не столь плачевной: очевидно, что найденная последовательность представляет собой одно из возможных решений. Другое возможное решение представлено на рис. 16.

Несомненно, что из этих двух решений предпочтение следует отдать первому, так как для изучения дисциплины 6 необходимо знание материала дисциплин 2 и 5, а изучению дисциплины 5 должно предшествовать изучение дисциплин 3, 1 и 6. То есть дисциплина 5 опирается на 2 не смежные с ней дисциплины, а дисциплина 6 – только на одну. Значит, по достижении параллельных столбцов 5 и 6 студент будет в большей степени подготовлен к изучению дисциплины 5, и поэтому столбец 5 должен стоять слева от 6-го. Останется лишь перераспределить темы дисциплин

5 и 6 оптимальным образом. Этот вывод касается также параллельных столбцов 2 и 1 (дисциплина 1 черпает информацию только из дисциплины 2, значит изучение первой нельзя начинать прежде освоения второй, тогда как дисциплину 2 можно начать с тем, перекликающихся с дисциплиной 3).

	3	2	1	6	5
3	0	×			×
2		0	×	×	
1		×	0		×
6				0	×
5			×		0

Рис. 16. Второе решение МУП 2-го уровня трудности

Из вышесказанного следует, что смежные столбцы, наименьшие элементы которых образуют пару, отражающую междисциплинарную связь соответствующих дисциплин, не могут быть переставлены между собой по УСЛОВИЮ 2.

По УСЛОВИЮ 2 можно проверять пары связанных столбцов (по правому элементу наименьшей пары связанных элементов) относительно других пар связанных столбцов или же относительно свободных столбцов. Однако если наименьший элемент столбца, стоящего слева от пары связанных столбцов, расположен на уровне правого элемента наименьшей пары связанных элементов, то этот столбец должен быть помещен справа от данных столбцов, иначе наименьший элемент свободного столбца будет находиться ниже главной диагонали, что допустимо только для левых элементов наименьших пар связанных элементов. Сформулируем условие для перестановки связанных столбцов между собой.

УСЛОВИЕ 3: *если первый из двух связанных столбцов, расположенных в смежных позициях, содержит больше свободных ненулевых элементов, чем второй, то он должен быть помещен (оставлен) слева от второго столбца.*

Итак, алгоритм должен остановиться на шаге 2 и выдать в качестве решения матрицу, представленную на рис. 15. Следовательно, ТРЕБОВАНИЕ 1 для задачи 2-го уровня трудности непригодно. Выдвинем новое требование.

ТРЕБОВАНИЕ 3: *в матрице не должно быть ни одного ненулевого элемента, находящегося ниже главной диагонали и несмежного с ней.*

Это требование является необходимым, но недостаточным (удовлетворяется в матрицах, показанных на рис. 15 и 16). Выдвинем еще одно требование, удовлетворенное только в матрице на рис. 15.

ТРЕБОВАНИЕ 4: *после удовлетворения ТРЕБОВАНИЯ 3 смежные столбцы, содержащие пары связанных элементов, должны быть проверены по УСЛОВИЮ 3.*

Итак, с помощью АПОПИП мы смогли решить задачу 2-го уровня трудности, причем тоже всего за 2 шага.

Усложним задачу до 3-го уровня трудности (разомкнутые тройки изучаемых параллельно дисциплин): примем допущение, что дисциплина 2 изучается параллельно с дисциплинами 1 и 6, а дисциплина 6 – с дисциплинами 2 и 5.

Тогда исходная матрица примет вид, представленный на рис. 17.

	1	2	3	5	6
1	0	×		×	
2	×	0			×
3		×	0	×	
5				0	×
6		×	×	×	0

Рис. 17. Исходная МУП 3-го уровня трудности

В данной матрице столбец 3 является свободным, тогда как столбцы 2 и 1, 2 и 6, а также 6 и 2, 6 и 5 – связанными и подчиняются ТРЕБОВАНИЮ 2.

Так же, как и в случае матриц, изображенных на рис. 9 и 12, алгоритм начинает перестановку с 3-го столбца и помещает его в начало последовательности (рис. 18).

	3	1	2	5	6
3	0		×	×	
1		0	×	×	
2		×	0		×
5				0	×
6			×	×	0

Рис. 18. Шаг 1 АПОПИП для МУП 3-го уровня трудности

Если в задаче 2-го уровня трудности ТРЕБОВАНИЮ 3 удовлетворяла уже исходная матрица, и поэтому оно не могло служить критерием для остановки алгоритма, то в данном случае это не так.

Здесь, в отличие от матриц, представленных на рис. 10 и 14, УСЛОВИЕ 2 выполняет не 2-й, а 1-й столбец, поэтому алгоритм оставляет (шаг 2) его справа от 3-го. Теперь УСЛОВИЕ 2 выполняет столбец 6, и алгоритм мог бы поместить его справа от 1-го (рис. 19).

	3	1	6	2	5
3	0			×	×
1		0		×	×
6			0	×	×
2		×	×	0	
5			×		0

Рис. 19. Шаг 3 (ложный) АПОПИП для МУП 3-го уровня трудности

Но при этом произошел бы разрыв связи между столбцами 1 и 2, что нарушило бы ТРЕБОВАНИЕ 2. Поэтому столбец 6 можно поставить только справа от 2-го; тогда будет выполнено УСЛОВИЕ 2 и при этом не нарушена ни одна связь (рис. 20).

	3	1	2	6	5
3	0		×		×
1		0	×		×
2		×	0	×	
6			×	0	×
5			×		0

Рис. 20. Шаг 3 АПОПИП для МУП 3-го уровня трудности

В полученной матрице выполняется ТРЕБОВАНИЕ 3, значит алгоритм должен остановиться на шаге 3 и выдать в качестве решения матрицу, как на рис. 20.

Как видим, матрицы оказались подходящим инструментом для решения задач 1-го уровня трудности, но для решения задач 2-го и 3-го уровней трудности – хотя и пригодным, но ненадежным и весьма трудоемким средством. Возможно, найти решение задач 2-го и 3-го уровней трудности поможет теория графов, в частности предлагаемая в [2, с. 220] диаграмма желаемого и действительного.

Тогда ОСНОВНОЕ ТРЕБОВАНИЕ будет заключаться в том, чтобы между желаемым и действительным не было разрыва: в полученной на 3-м шаге АПОПИП (матрица на рис. 20) последовательности $3 \rightarrow 1 \leftrightarrow 2 \leftrightarrow 6 \leftrightarrow 5$ (знаком « \rightarrow » обозначены однонаправленные связи между последовательно изучаемыми дисциплинами, а знаком « \leftrightarrow » – двунаправленные связи между дисциплинами, изучаемыми параллельно) действительное соответствует желаемому, на основании чего эту последовательность можно считать решением задачи. Например, в последовательности $3 \rightarrow 1 \leftrightarrow 2 \leftrightarrow 5 \leftrightarrow 6$ элементы 2 и 5 в действительности стоят рядом, хотя «не желают этого», а между элементами 2 и 6 существует разрыв.

ОСНОВНОЕ ТРЕБОВАНИЕ годится и для столбцов с последовательным изучением, просто все связи между ними будут однонаправленными. Так что на базе теории графов можно сформулировать более универсальные требования, чем позволяет матричная алгебра. Это совершенно новые инструменты для педагогики и хочется верить, что совместная работа педагогов и алгоритмистов даст свои результаты.

В качестве примера использования АПОПИП определим последовательность изучения восьми выборочных дисциплин для специальности 151001 «Технология машиностроения»: «Технологические процессы в машиностроении» (№ 1), «Коррозия и защита металлов» (№ 2), «Химия» (№ 3), «Физика металлов» (№ 4), «Физика» (№ 5), «Проектирование и производство заготовок» (№ 6), «Материаловедение» (№ 7) и «Химико-термическая обработка» (№ 8).

Допустим, что все эти дисциплины могут изучаться последовательно (1-й уровень трудности). Исходная матрица, отражающая связи этих дисциплин, представлена на рис. 21.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0					×	×	
2		0				×		
3	×	×	0	×			×	×
4				0			×	
5				×	0		×	
6						0		
7		×				×	0	×
8		×				×		0

Рис. 21. Пример 1

Тогда ход решения будет следующим (полужирным шрифтом выделены сдвигаемые столбцы): 1) **3**1245678; 2) 3**5**124678; 3) 351**4**2678; 4) 3514**7**268; 5) 35147**8**26.

Если же мы будем считать, что для лучшего усвоения материала дисциплин «Химия» и «Физика» их необходимо изучать параллельно (2-й уровень трудности), то исходная матрица примера 1 преобразуется к виду на рис. 22.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0					×	×	
2		0				×		
3	×	×	0	×	×		×	×
4				0			×	
5			×	×	0		×	
6						0		
7		×				×	0	×
8		×				×		0

Рис. 22. Пример 2 (столбцы 3 и 5 взаимосвязаны)

В данном случае ход решения будет следующим: 1) **1**5234678; 2) **3**1524678; 3) **1**3524678; 4) **3**5124678; 5) 35142678; 6) 35147268; 7) 35147**8**26.

Итак, в обоих случаях перечисленные дисциплины должны быть расположены в учебном плане в следующем порядке: «Химия», «Физика», «Технологические процессы в машиностроении», «Физика металлов», «Материаловедение», «Химико-термическая обработка», «Коррозия и защита металлов» и «Проектирование и производство заготовок». Разница состоит лишь в том, что в первом случае химию и физику можно запланировать на разные семестры, а во втором – обязательно на один.

Список литературы

1. *Либерман, С. Ю.* Научная организация учебного процесса: методические рекомендации для слушателей ФПК. – М. : МИСИС, 1982. – 67 с.
2. *Setubal, J. C., Meidanis, J.* *Computational molecular biology*. New York : Oxford University Press (2003). – 285 p.